



**Manuel Ferreira  
da Maia**

**OntoMed - Ontologias de conceitos médicos e de  
saúde para o Português**



**Manuel Ferreira  
da Maia**

**OntoMed - Ontologias de conceitos médicos e de  
saúde para o Português**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Prof. António Joaquim da Silva Teixeira, do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro e do Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais, irmão e avó, por todo o seu incansável e incondicional apoio que têm dado ao longo da vida.

## **o júri**

presidente

**Dr. João Paulo Silva Cunha**  
Professor Associado com Agregação da Universidade de Aveiro

vogais

**Dr. Alberto Manuel Brandão Simões**  
Assistente Convidado da Escola Superior de Estudos Industriais e de Gestão do Instituto  
Politécnico do Porto

**Dr. António Joaquim da Silva Teixeira (orientador)**  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Gostaria de iniciar os meus sinceros e especiais agradecimentos ao Professor António Teixeira pela paciência e confiança que teve para comigo e por me ter proporcionado a oportunidade de começar, desenvolver e completar o trabalho apresentado. Gostaria, também, de estender este primeiro agradecimento à Mestre Liliana Ferreira por todos os conselhos e por todo o apoio dado, em especial na última fase do trabalho.

Um agradecimento especial também às Enfermeiras Cláudia Araújo e Guiomar Maia pela grande ajuda que deram na procura de material sobre hipertensão e por toda a paciência que sempre tiveram para me tentar esclarecer as muitas dúvidas que sempre foram surgindo. Sem o seu apoio estou certo que as dificuldades seriam bem maiores.

À Universidade de Aveiro, e em particular ao Departamento de Electrónica, Telecomunicações, ao qual nada tenho a apontar, um muito obrigado.

Não podia deixar de aproveitar para agradecer do fundo do coração a todos os amigos que me acompanharam ao longo do meu percurso académico. Não querendo desvalorizar ninguém, gostaria de deixar um agradecimento ao Eduardo Moreira, o qual acompanhou este meu trabalho do primeiro ao último dia.

A todos os que passaram pela equipa de Basquetebol da AAUAv, um muito obrigado por todos os momentos únicos que me proporcionaram. Vocês foram, e continuam a ser, como uma segunda família.

Para terminar, um agradecimento muito especial à minha família, e em especial aos meus pais, por tudo o que sempre me deram e ensinaram ao longo destes anos em que nada me faltou. Um obrigado também à Cláudia por me aturar este tempo todo, eu sei que nem sempre foi fácil.

**palavras-chave**

Ontologias médicas, hipertensão, directrizes, sistemas de conhecimento, bases de conhecimento.

**resumo**

Nos últimos anos muitos esforços têm sido realizados com o intuito de desenvolver modelos de representação do conhecimento médico. Este processo de formalização do conhecimento tem sido realizado através da criação de ontologias.

O presente trabalho visa o desenvolvimento e teste de uma estrutura que permita, por um lado, o mapeamento das condições presentes nas directrizes de hipertensão e, por outro, a exploração do grande potencial que este tipo de sistemas apresenta na procura de informação de uma forma semântica.

A fim de alcançar estes objectivos foi desenvolvida uma ontologia, recorrendo à ferramenta Protégé, tendo como base de desenvolvimento o Método 101 e usando como linguagem de consulta a SQWRL.

A estrutura criada foi testada com recurso a um conjunto teste composto por doze episódios clínicos, sujeitos a três experiências, cujos resultados permitiram a recuperação de informação fazendo uso da estrutura da ontologia.

Esta abordagem, apesar de bem sucedida, acabou por demonstrar que ainda existe um longo caminho a percorrer de modo a tornar este tipo de sistemas acessível a utilizadores menos experientes.

**keywords**

Medical ontologies, hypertension, guidelines, knowledge systems, knowledge base.

**abstract**

In recent years many efforts have been made in order to develop models for representation of medical knowledge. This process of formalization of knowledge is being achieved through the creation of ontologies.

The present work aims to develop and test a framework that allows the mapping of the conditions present in hypertension guidelines, as well as the exploration of the great potential that such systems present in the search for information in a semantic way.

To achieve these goals an ontology has been developed using Protégé, Method 101 and the query language SQWRL.

The structure created was tested using a test set of twelve clinical episodes, and three experiences, whose results led to the recovery of information using the structure of the ontology.

This approach, although successful, shown that there is still a lot to do in order to make these systems accessible to less experienced users.

# Índice

<b>1.</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1.	Motivação .....	1
1.2.	Objectivos.....	2
1.3.	Estrutura.....	2
<b>2.</b>	<b>Ontologias e Hipertensão .....</b>	<b>3</b>
2.1.	Ontologias .....	3
2.1.1.	Definição .....	3
2.1.2.	Classificação .....	4
2.1.3.	Métodos de desenvolvimento .....	5
2.1.4.	Linguagens e Ferramentas .....	7
2.1.5.	Aplicações .....	10
2.2.	Hipertensão .....	13
2.2.1.	Definição .....	13
2.2.2.	Sinais e sintomas .....	15
2.2.3.	Factores de risco .....	15
2.2.4.	Diagnóstico.....	16
2.2.5.	Tratamento .....	16
2.2.5.1.	Tratamento não farmacológico .....	17
2.2.5.2.	Tratamento farmacológico .....	18
2.3.	Conclusão .....	22
<b>3.</b>	<b>Metodologia e Ferramentas.....</b>	<b>23</b>
3.1.	Método 101.....	23
3.2.	Protégé.....	25
<b>4.</b>	<b>Desenvolvimento de um protótipo para verificação de directrizes baseado em Ontologia.....</b>	<b>29</b>
4.1.	Ontologia de suporte ao Sistema .....	29
4.2.	Realidade versus conhecimento .....	37
4.3.	População da ontologia e reestruturação.....	38
<b>5.</b>	<b>Questionando a Base de Conhecimento .....</b>	<b>41</b>
5.1.	Procura e selecção do método .....	41
5.2.	Aplicando SQWRL ao nosso cenário .....	42
5.3.	Motor de inferência Jess.....	45



<b>6. Resultados.....</b>	<b>47</b>
6.1. Criação de um conjunto de teste .....	47
6.2. Experiências .....	49
6.2.1. Procura de doenças adjacentes.....	50
6.2.2. Procura de exames laboratoriais alterados.....	53
6.2.3. Procura de medicação específica .....	56
<b>7. Conclusões.....</b>	<b>59</b>
7.1. Resumo do trabalho efectuado .....	59
7.2. Principais resultados.....	60
7.3. Sugestões de Continuação.....	61
<b>Anexos.....</b>	<b>63</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>65</b>

# Lista de Acrónimos

<b>ACC</b>	Antagonistas dos Canais de Cálcio
<b>AIT</b>	Acidente Isquémico Transitório
<b>ARA</b>	Antagonistas dos Receptores de Angiotensina
<b>AVC</b>	Acidente Vascular Cerebral
<b>CNL</b>	Controlled Natural Language
<b>CUI</b>	Concept Unique Identifier
<b>DAML</b>	DARPA Agent Markup Language
<b>DC</b>	Doença Cardiovascular
<b>DM</b>	Diabetes Mellitus
<b>DO</b>	Danos sub-clínicos de Órgãos-alvo
<b>ESC</b>	European Society of Cardiology
<b>ESH</b>	European Society of Hypertension
<b>HF</b>	Heart Failure
<b>HSI</b>	Hipertensão Sistólica Isolada
<b>HTA</b>	Hipertensão Arterial
<b>HVE</b>	Hipertrofia Ventricular Esquerda
<b>IECA</b>	Inibidores da Enzima de Conversão da Angiotensina
<b>NL</b>	Natural Language
<b>NLI</b>	Natural Language Interface
<b>OCML</b>	Operational Conceptual Modelling Language
<b>OIL</b>	Ontology Interchange Language
<b>OWL</b>	Web Ontology Language
<b>PA</b>	Pressão Arterial
<b>PAS</b>	Pressão Arterial Sistólica
<b>PAD</b>	Pressão Arterial Diastólica
<b>RDF</b>	Resource Description Framework
<b>SM</b>	Síndrome Metabólica
<b>SQWRL</b>	Semantic Query-Enhanced Web Rule Language
<b>SWRL</b>	Semantic Web Rule Language
<b>W3C</b>	World Wide Web Consortium
<b>XML</b>	eXtensible Markup Language

# Lista de Figuras

**Figura 2-1** Classificação das ontologias segundo Guarino.

**Figura 2-2** Combinações possíveis de anti-hipertensivos.

**Figura 3-1** Ambiente gráfico do *Protégé-Frames*.

**Figura 3-2** Ambiente gráfico do *Protégé-OWL*.

**Figura 4-1** Versão inicial da estrutura da ontologia.

**Figura 4-2** Separador OWLClasses onde são definidas as classes e sua hierarquia.

**Figura 4-3** Propriedades e restrições para a classe Pessoa.

**Figura 4-4** Propriedades e restrições para a classe Utente.

**Figura 4-5** Instância da classe Utente no Protégé.

**Figura 4-6** Instância da classe Relatório no Protégé.

**Figura 4-7** Hierarquia de classes do protótipo apresentado.

**Figura 5-1** Exemplos de CNLs e seu enquadramento.

**Figura 5-2** Ambiente gráfico do separador SWRLTab.

**Figura 5-3** Ambiente gráfico do SQWRLQueryTab. Resultado da execução da regra anterior.

**Figura 5-4** Passos para executar as regras SWRL.

**Figura 5-5** Actualização do campo categoriaPA.

**Figura 6-1** Tabela das doenças adjacentes por utente.

**Figura 6-2** Tabela das doenças adjacentes por episódio.

**Figura 6-3** Tabela do número de doenças adjacentes por episódio.

**Figura 6-4** Resultado dos exames laboratoriais alterados.

**Figura 6-5** Listagem dos Anti-hipertensores por Utente.

**Figura 6-6** Número de Anti-hipertensores por Utente.

# Lista de Tabelas

**Tabela 2-1** Tipos de ontologias segundo Almeida e Bax.

**Tabela 2-2** Definição e classificação da Pressão Arterial.

**Tabela 2-3** Estratificação do risco cardiovascular.

**Tabela 2-4** Anti-hipertensores de utilização comum e sua acção.

**Tabela 2-5** Início de tratamento anti-hipertensivo.

**Tabela 2-6** Anti-hipertensivos: Historial Clínico e opções terapêuticas.

**Tabela 4-1** Classes e propriedades do domínio da hipertensão.

**Tabela 6-1** Informação dos dois episódios criados para servirem de teste.

**Tabela 6-2** Informação mais relevante extraída dos episódios reais.

**Tabela 6-3** Lista de doenças e palavras-chave usadas no teste.

**Tabela 6-4** Valores dos exames laboratoriais definidos como valores padrão.

# 1. Introdução

## 1.1. Motivação

Numa época em que o sistema de saúde vive um processo de grandes mudanças, em especial a nível tecnológico, muitos estudos têm sido realizados com o objectivo de melhorar a prestação de cuidados médicos, e deste modo melhorar o atendimento ao utente.

A crescente oferta dos mais variados bens de saúde, como por exemplo os equipamentos médicos e tecnológicos, tem levado a um forte aumento de informação relativa aos utentes, como é o caso do historial clínico, dos diagnósticos, prognósticos, tratamentos, entre outras [1]. Toda esta informação é registada e partilhada, digitalmente, pelos profissionais de saúde, e contribui para a diminuição de erros, aumentando a segurança e satisfação dos utentes.

Contudo, na maioria das vezes este aumento de informação não ocorre ao mesmo ritmo da assimilação do conhecimento. Para responder a esta situação, é cada vez mais comum a utilização de directrizes (Guidelines em inglês), no seio da comunidade médica, que têm como principal objectivo a optimização e uniformização do atendimento ao utente. Por outro lado grande parte desse conhecimento consiste em termos médicos que podem corresponder a uma condição médica, um medicamento, uma doença, entre outros.

De modo a formalizar este conhecimento, tem sido frequente o recurso a ontologias [2], já que estas permitem que o conhecimento médico seja representado em sistemas informáticos, dando lugar a uma maior organização e coerência dos seus conteúdos. Por sua vez a evolução da *Web* veio facilitar a sua partilha, já que as ontologias foram escolhidas pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) como forma de representar informação semântica na futura internet – a internet que permitirá a computadores e humanos trabalharem em cooperação.

Tendo esta nova abordagem como adquirida é necessário pô-la em prática, nomeadamente com o recurso a linguagens específicas de desenvolvimento, suportadas por plataformas multifuncionais, das quais se destaca o Protégé. Este, além das suas qualidades técnicas e de ser *open-source*, constituiu-se, originalmente, como uma pequena aplicação com o objectivo de construir ferramentas de aquisição de conhecimento para alguns programas específicos na área médica.

## 1.2. Objectivos

O principal objectivo deste trabalho é desenvolver e testar um protótipo de uma Ontologia de conceitos médicos e de saúde para o português no domínio da Hipertensão.

Pretende-se, deste modo, desenvolver uma estrutura capaz de servir de ponto de suporte à decisão médica, fornecendo resposta a questões relacionadas com o perfil clínico do utente e respectivo tratamento. Pretende-se, ainda, explorar o grande potencial que este tipo de sistemas apresenta na procura de informação de uma forma semântica, e deste modo tornar a extração de informação da ontologia simples e precisa para o utilizador final.

## 1.3. Estrutura

Este documento encontra-se dividido em sete capítulos, todos eles relacionados com sistemas de conhecimento médico.

No primeiro capítulo são apresentadas as motivações para este trabalho, bem como os principais objectivos e a estrutura do mesmo.

O segundo capítulo pretende dar a conhecer os dois principais temas abordados neste trabalho: ontologias e hipertensão. Na primeira parte é dada a definição de ontologia, e apresentados alguns exemplos, bem como recursos e métodos usados para o seu desenvolvimento. Na segunda parte introduziu-se o conceito de hipertensão, dando especial relevo à informação contida nas directrizes.

No capítulo três é feita uma breve descrição do Protégé e do Método 101, que são a ferramenta e o método escolhido para o desenvolvimento da ontologia.

O quarto capítulo consiste no desenvolvimento de um protótipo para verificação de directrizes, baseado em Ontologia. Aqui são explicados os passos seguidos na sua construção, bem como as fases de reestruturação pelas quais o mesmo passou.

O capítulo cinco aborda a questão da consulta de informação na ontologia. É explorado o tema das Linguagens Naturais e é apresentada a *Semantic Query-Enhanced Web Rule Language* (SQWRL), a linguagem de consulta escolhida.

No capítulo seis é testado o protótipo apresentado, recorrendo a um conjunto teste de doze episódios clínicos. Os resultados são apresentados e comentados neste capítulo.

No último capítulo, o sete, é apresentado um resumo do trabalho efectuado, e os principais resultados obtidos. Existem também algumas sugestões para trabalho futuro, de modo a se reformular e aprimorar o protótipo apresentado.

## 2. Ontologias e Hipertensão

### 2.1. Ontologias

A criação de ontologias é hoje um importante passo no desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento, uma vez que permitem a formalização e a partilha do mesmo entre humanos e sistemas computacionais.

#### 2.1.1. Definição

O termo ontologia tem origem no grego "ontos", ser, e "logos", palavra. Na filosofia, ela está ligada ao estudo da existência, da natureza do ser.

Uma definição muitas vezes usada, é a dada por Gruber que diz que *“uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização. O termo é emprestado da filosofia, onde uma ontologia é uma explicação sistemática da existência”*. Gruber refere ainda que *“é uma descrição formal dos conceitos e relacionamentos de uma área de conhecimento”*[3].

Para Guarino [2] uma ontologia é uma maneira de se conceitualizar de forma explícita e formal os conceitos e restrições relacionados a um dado domínio. Carneiro e Brito [4] citam Freitas, acrescentando que uma ontologia não deve ser tratada apenas como uma hierarquia de conceitos, mas também como um conjunto de relações, restrições, axiomas, instâncias e vocabulário.

Muito se tem discutido sobre qual a melhor definição de uma ontologia. De um modo geral a definição de Gruber é a mais usada, contudo os especialistas acham-na demasiado geral e, como tal, pouco adequada para efeitos de engenharia e para o desenvolvimento de aplicações mais específicas.

Em Ciências da Computação, vê-se uma ontologia como sendo um modelo de dados que representa um conjunto de conceitos de um domínio e as relações entre eles [5]. Assim, pode-se descrever as ontologias como sendo relações, regras, conceitos, propriedades, axiomas e termos sobre um determinado domínio ou área de conhecimento, que devem ser processados por máquinas e compartilhados por grupos de pessoas. Esta é a definição que será levada em conta ao longo deste trabalho.

## 2.1.2. Classificação

Como já foi referido, as ontologias servem para descrever “algo”. Estas não apresentam sempre a mesma estrutura, mas possuem características e componentes comuns bem definidos, como são os casos das classes (conceitos concretos do domínio), relações (tipo de interacção entre os conceitos de um domínio), axiomas (usados para modelar sentenças sempre verdadeiras) e instâncias (usadas para representar elementos específicos, ou seja, os dados reais).

Apesar destas semelhanças existem diferentes tipos de ontologias. Ao longo dos anos várias classificações têm sido propostas, relacionando-as quanto à sua função, ao grau de formalismo do seu vocabulário, à sua aplicação, sua estrutura, e quanto ao seu conteúdo. Almeida e Bax [6] apresentam um estudo mais profundo sobre os vários tipos de ontologias, classificando-as quanto à sua função, grau de formalismo, aplicação, estrutura e conteúdo. A tabela 2-1 sintetiza o seu trabalho.

Abordagem	Classificação
<b>Quanto à função</b> (Mizoguchi, Vanwelkenhuyzen & Ikeda, 1995)	Ontologias de domínio
	Ontologias de tarefa
	Ontologias gerais
<b>Quanto ao grau de formalismo</b> (Uschold & Gruninger, 1996)	Ontologias altamente informais
	Ontologias semi-informais
	Ontologias semi-formais
	Ontologias rigorosamente formais
<b>Quanto à sua aplicação</b> (Jasper & Uschold, 1999)	Ontologias de autoria neutra
	Ontologias como especificação
	Ontologias de acesso comum à informação
<b>Quanto à estrutura</b> (Haav & Lubi, 2001)	Ontologias de alto nível
	Ontologias de domínio
	Ontologias de tarefa
<b>Quanto ao conteúdo</b> (Van-Heijst, Schreiber & Wielinga, 1997)	Ontologias terminológicas
	Ontologias de informação
	Ontologias de modelagem do conhecimento
	Ontologias de aplicação
	Ontologias de domínio
	Ontologias genéricas
	Ontologias de representação

Tabela 2-1 Tipos de ontologias segundo Almeida e Bax [6].



Guarino [2] apresenta uma proposta, de certo modo mais simples, segundo a qual as ontologias podem ser classificadas em ontologias de alto nível, tarefa, de domínio e de aplicação. Na figura 2-1 é ilustrada a relação entre estes tipos de ontologias.

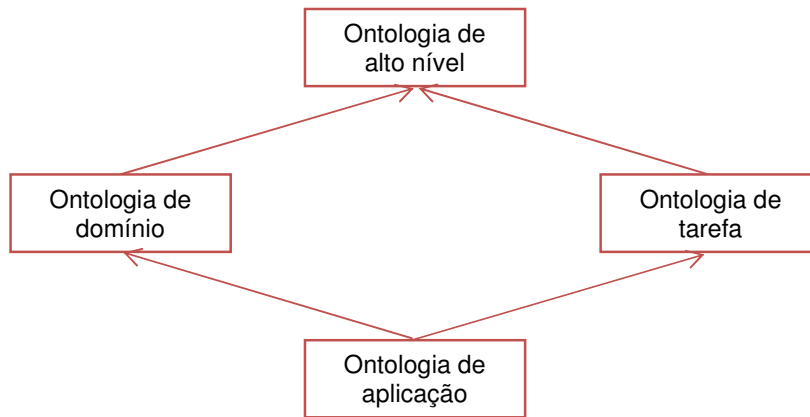


Figura 2-1 Classificação das ontologias segundo Guarino [2].

As ontologias de alto nível descrevem conceitos muito gerais tais como o espaço, tempo ou uma acção, os quais são independentes de um problema ou domínio.

As ontologias de domínio descrevem o vocabulário relacionado a um domínio genérico (como a medicina), especializando os termos introduzidos na ontologia de alto nível.

As ontologias de tarefa descrevem o vocabulário relacionado a uma actividade ou tarefa (como um diagnóstico), especializando os termos introduzidos na ontologia de alto nível.

As ontologias de aplicação descrevem conceitos dependentes de um domínio ou tarefa específicos, que normalmente são especializações das ontologias relacionadas.

### 2.1.3. Métodos de desenvolvimento

Para o desenvolvimento de uma ontologia é necessária a definição de etapas bem estruturadas. É aqui que surge a necessidade de um método que nos guie durante o processo de construção.

Apesar de não existir um que se possa definir como ideal, existem princípios que devem ser seguidos de forma a simplificar a construção da ontologia. Entre eles, os três mais relevantes são:

- 1) Ponderar o uso (ou integração) de ontologias já existentes dentro da área em estudo;
- 2) Ter em consideração que, dada a sua complexidade, a criação de uma ontologia é um processo iterativo;
- 3) Atender a que a melhor solução dependerá sempre do uso que se vai dar à ontologia, e do nível de detalhe que a mesma vai ter.

Com base nos trabalhos de pesquisa realizados por Silva, Souza e Almeida [7], e Jones, Bench-Capon e Visser [8], nesta secção são apresentados alguns exemplos de metodologias que abordam especificamente a questão da construção e manutenção de ontologias.

Em 1993, Gruber [9] apresenta uma primeira tentativa de consolidar a experiência adquirida no desenvolvimento de ontologias. Ele propõe um conjunto de critérios (clareza, coerência, extensibilidade, nível de codificação, compromisso ontológico mínimo) a serem mantidos aquando da construção de ontologias que tenham como princípio a partilha de conhecimento e a interacção entre programas.

Mais tarde outros trabalhos foram desenvolvidos com o mesmo intuito. Destes há a destacar a metodologia de Gruninger e Fox, o método de Uschold e King, a metodologia Methontology o método Cyc, o método Kactus, o método Sensus o método 101.

Apresenta-se, de seguida, uma pequena descrição de algumas das metodologias apresentadas:

- **USCHOLD E KING** [10] – Metodologia apresentada com base na experiência adquirida ao desenvolver a *Enterprise Ontology*, e que tem como principais pontos a identificação do âmbito e domínio, o desenvolvimento, a avaliação, e a documentação.
- **SENSUS** – Baseia-se na suposição de que, se duas bases de conhecimento são construídas sobre uma ontologia comum, então o conhecimento pode ser mais facilmente compartilhado entre elas, visto que ambas partilham uma estrutura comum subjacente. Faz uso da ferramenta OntoSaurus para o seu desenvolvimento.

- **METHONTOLOGY** [11] - Do ponto de vista da engenharia de ontologias, é uma das metodologias mais abrangentes, uma vez que permite não só a reutilização de ontologias já existentes, como também a sua construção de raiz e manutenção. Este método encontra-se dividido em sete actividades: Especificação, Aquisição de conhecimento, Conceptualização, Integração, Implementação, Avaliação e Documentação.
- **Método 101** [12] – Método que permite a construção de ontologias de raiz, baseado num processo de desenvolvimento iterativo. Este parte de uma primeira aproximação grosseira da ontologia, que é ao longo do tempo revista e preenchida com detalhes.
- **KACTUS** – *modelling Knowledge About Complex Technical systems for multiple USe* – É um projecto que tem como finalidade a reutilização de ontologias de pequena escala já existentes para a construção de novas ontologias.
- **CyC** – CyCorp – é um projecto de inteligência artificial que tenta juntar ontologias e bases de conhecimento, com o objectivo de permitir um raciocínio tipo humano a aplicações de Inteligência Artificial.
- **IDEF5** - *Integrated DEFinition for ontology description capture method* [13] – É um método projectado para auxiliar na criação, modificação e manutenção de ontologias, que segue as seguintes orientações: organização e delimitação, aquisição de conhecimento, análise de dados, desenvolvimento inicial e aperfeiçoamento, validação e conclusão do processo de desenvolvimento.

Existem ainda outros métodos, como são os casos do PLINIUS, ONIONS, MIKROKOSMOS, MENELAS, PHYSSYS, entre outros. No entanto, e como já foi dito, não existe um método que se possa definir como ideal. A escolha de um deles acaba por ser uma opção pessoal, mas que deverá ter em consideração o propósito da ontologia, de modo a simplificar todo o processo de desenvolvimento.

#### 2.1.4. Linguagens e Ferramentas

Por se tratar de uma tarefa dispendiosa, em especial em termos de tempo, qualquer apoio na construção de ontologias pode representar significativos ganhos. Deste modo existe hoje um vasto conjunto de ferramentas (programas) e linguagens

específicas (com capacidade para processarem o conteúdo da informação) para a construção e manutenção de ontologias, que vão das mais simples, para principiantes, às mais complexas, para utilizadores experientes.

Com base nos trabalhos de Corcho, Fernández-López e Gómez-Pérez [14] e de Almeida e Bax [6] apresentam-se, de seguida, algumas das linguagens e ferramentas mais usadas.

Linguagens:

- **Carin** - Combinação de linguagem baseada em regras e lógica descritiva.
- **Cycl** - Linguagem formal baseada num vocabulário de termos (constantes semânticas, variáveis, números, sequências de caracteres, etc.) os quais são combinados em expressões, sentenças e finalmente bases de conhecimento.
- **DAML+OIL** – *DARPA Agent Markup Language* - Linguagem de marcação semântica para a Web que apresenta extensões a linguagens como DAML e RDF por meio de primitivas de modelagem baseadas em linguagens lógicas.
- **Flogic** - Trata de forma declarativa os aspectos estruturais das linguagens baseadas em frames e orientadas a objectos. Os recursos incluem, entre outros, identidade de objectos, herança, método de consulta, encapsulamento, etc.). Permite a representação de conceitos, taxonomias, relações binárias, funções, instâncias, axiomas e regras.
- **Loom** - Linguagem baseada em lógica descritiva e regras de produção. Permite a representação de conceitos, taxonomias, relações, funções, axiomas e regras de produção.
- **OCML** - *Operational Conceptual Modelling Language* - Permite a especificação de funções, relações, classes, instâncias e regras. É muito usada em aplicações que envolvam conhecimento, como é o caso do desenvolvimento de ontologias.
- **OIL** - *Ontology Interchange Language* - É uma das bases das linguagens para a Web semântica. Combina primitivas de modelagem das linguagens baseadas em frames com a semântica formal e serviços de inferência da lógica descritiva.

- **OML** - *Ontology Markup Language* - Linguagem baseada em lógica descritiva e grafos conceituais, que permite a representação de conceitos organizados em taxonomias e axiomas.
- **Ontolingua** - Combina paradigmas das linguagens baseadas em frames e lógica de primeira ordem. Permite a representação e relação de conceitos, taxonomias de conceitos, funções, axiomas, instâncias e procedimentos.
- **OWL** – *Web Ontology Language* – Linguagem projectada para uso em aplicações que necessitem de processar e interpretar o conteúdo da informação, em especial a disponível na *Web*.
- **RDF** – *Resource Description Framework* - Desenvolvida pelo W3C, é uma linguagem que tem sido usada para a modelagem da informação na internet.
- **XML** - *eXtensible Markup Language* - é um formato de texto simples e muito flexível que foi originalmente desenvolvido para responder aos desafios da troca de grandes volumes de informação na *Web*.

Em termos de ferramentas:

- **Ontolingua** – Criada nos inícios dos anos 90 nos *Knowledge Systems Laboratory*[15], na Universidade de Stanford, é descrita como a primeira ferramenta de construção de ontologias. Permite o acesso a uma biblioteca de ontologias, tradutores para linguagens (como LOOM, Prolog ou CLIPS) e um editor para criar e navegar pela ontologia.
- **OntoSaurus** – Desenvolvida pouco depois da Ontolingua, pelo Instituto de Ciências e Informação da Universidade do sul da Califórnia, consiste em dois módulos: um servidor de ontologias, que usa o LOOM para representação do conhecimento, e um servidor de navegação por ontologias que cria páginas HTML dinamicamente e apresenta a hierarquia da ontologia.
- **WebOnto** – Desenvolvida, em 1997, pelo *Knowledge Media Institute* na *Open University* esta é uma ferramenta que possibilita a navegação, criação e edição de ontologias representadas na linguagem de modelagem OCML. Tem como vantagens o facto de permitir a gestão de ontologias via interface gráfica, inspecção de elementos e trabalho cooperativo.

Qualquer um destes três ambientes tem a particularidade de ter sido desenvolvido para permitir a fácil navegação e edição de ontologias numa determinada linguagem. Tal facto tornou-se um entrave à sua utilização e, mais tarde, com a evolução da *Web*, surgiram novas ferramentas, mais ambiciosas, independentes da linguagem usada para a sua representação, e que possuíam arquitectura expansível.

Entre elas encontram-se e destacam-se:

- **Protégé** - Desenvolvido pela *Stanford Medical Informatics* na *Stanford University*, este é um ambiente interactivo de código aberto, que oferece uma interface gráfica para edição de ontologias e uma arquitectura extensível para a criação de ferramentas baseadas em conhecimento. A arquitectura é modulada e permite a inserção de novos recursos ou linguagens como são os casos FLogic, OWL, OIL, XML, Prolog.
- **WebODE** - Desenvolvido pelo Laboratório de Inteligência Artificial da *Technical University of Madrid*, é um ambiente para engenharia ontológica que fornece suporte à maioria das actividades de desenvolvimento de ontologias. Fornece um interface de programação de aplicações (API) que facilita a integração com outros sistemas e importa e exporta ontologias de linguagens de marcação (XML, RDF(S), OIL, DAML + OIL, CARIN, FLogic, Jess, Prolog.).
- **OntoEdit** – Ambiente gráfico, desenvolvido pela AIFB na *Karlsruhe University*, para edição de ontologias, que permite inspecção, navegação, codificação e alteração das mesmas. As ontologias são armazenadas em bancos relacionais e podem ser implementadas em XML, FLogic, RDF(S) e DAML+OIL.

Existem ainda outras ferramentas que surgiram nos anos 90, como são os casos do CODE4, VOID, IKARUS, GKB-Editor, JOE, APECKS e OilEd.

### 2.1.5. Aplicações

Nos dias de hoje, as ontologias são usadas como um mecanismo de partilha, organização e reutilização de informação, dentro de um determinado domínio de conhecimento. As suas áreas de aplicação são muito vastas e abrangem desde a Inteligência Artificial, à *Web Semântica*, engenharia de software, saúde, comércio electrónico, gestão de conhecimento, educação, entre muitas outras.

De seguida, apresentam-se alguns exemplos de projectos, das mais diversas áreas, que fazem uso de ontologias:

- **MyPlanet** - Serviço personalizado para a internet onde o utilizador submete um e-mail sobre os seus interesses de pesquisa. Este e-mail é depois adaptado a estruturas ontológicas, sendo o utilizador notificado, através de uma página de internet, sobre os assuntos do seu interesse [16].
- **SMART-EC** (*Support for mediation and brokering for electronic commerce*) - Plataforma de intermediação baseada em ontologias que fornece serviços para a internet, como troca de informações entre provedores e utilizadores finais, definição e implementação de ciclo de vida de serviços e a possibilidade de compras em diversos sites, tudo a partir de uma interface única.
- **Ontogeneration** (processamento de linguagens naturais) - Gera textos em espanhol no domínio da química e usa a linguagem natural para responder a consultas sobre grupos, elementos e propriedades químicas. Utiliza uma ontologia da química, uma ontologia linguística e uma gramática em espanhol.
- **C-Web** (Community Web) - Formaliza o conhecimento comum utilizado por comunidades da *Web*. A limitação é conseguir um ponto de acesso único para as várias fontes de informação das comunidades.
- **SchoolOnto** - Biblioteca digital baseada em ontologias que possibilita interpretar domínios. Auxilia na modelagem de pesquisas dinâmicas que carecem de ferramentas para tratar inconsistências; permite discutir a contribuição do documento para a literatura da área, por meio de uma rede semântica.

Existem ainda outras ontologias como são os casos da *ATT*, uma ontologia que descreve arte, arquitectura e decoração; a *Wine Ontology* que caracteriza vinhos, ou a *Pizza ontology* que caracteriza pizzas.

Contudo, é na área das ciências médicas que as ontologias mais têm evoluído, visto esta ser uma área com uma enorme variedade de termos, conceitos e relações, e que está em constante crescimento. As ontologias apresentam aqui um papel fundamental, já que são uma poderosa ferramenta para a representação formal do conhecimento médico.

A *Open Biomedical Ontologies Foundry* [17] é um projecto, iniciado em 2003, que envolve pessoas ligadas ao desenvolvimento de ontologias no domínio das ciências biomédicas, e que tem como objectivo a criação de um conjunto de referências a serem seguidas neste contexto. No seu site existe um repositório de mais de cinquenta ontologias de diversas áreas de onde podemos destacar:

- **Human disease ontology** (DO) – Tem como objectivo fornecer uma ontologia de fonte aberta para a integração de dados biomédicos associados a doenças humanas.
- **Infectious disease ontology** (IDO) – Trata-se de um conjunto de ontologias interoperáveis que juntas fornecem a cobertura do domínio das doenças infecciosas. Entre as ontologias estão a da brucelose, gripe, malária, tuberculose, vacinas, entre outras [18].
- **Ontology for general medical science** (OGMS) – Ontologia que aborda questões relacionadas com o diagnóstico e tratamento de doenças.
- **Gene Ontology** (GO) – É um projecto de bioinformática com o objectivo de padronizar a representação dos genes e os seus atributos em diferentes bases de dados.
- **Foundation model of anatomy ontology** (FMA) – Projecto do *Structural Informatics Group* da Universidade de Washington que representa um conjunto coerente de conhecimento explícito sobre anatomia humana, cuja estrutura pode ser aplicada e estendida a outras espécies.

Existem ainda outros projectos de ontologias na área da saúde como uma ontologia sobre medicamentos[19], uma ontologia de suporte à decisão médica [20], ou a ontologia para o cancro do pulmão, desenvolvida por Abdel-Badeeh M. Salem e Marco Alfonse [21].

Uma das ontologias mais completas da actualidade é a *Systematized Nomenclature of Medicine Ontology* (SNOMED Ontology) [22]. Esta inclui uma terminologia de mais de 340.000 conceitos de saúde, organizados numa estrutura hierárquica. Em Janeiro de 2005 existiam mais de 984.000 descrições de conceitos, num total de aproximadamente 1.45 milhões de relações entre os seus termos, de modo a garantir a sua máxima fiabilidade e consistência.



Por servir de base neste trabalho, também é importante referir a *Heart failure ontology* (HF Ontology) [23] (insuficiência cardíaca), uma ontologia desenvolvida com recurso ao Protégé, que tem por base as directrizes da Sociedade Europeia de Cardiologia (ESC), e que se encontra em constante actualização. Trata-se de uma ontologia muito completa e que tem como objectivo melhorar o diagnóstico precoce e tornar mais eficaz o controlo de doenças cardíacas, em especial na população idosa.

Por último uma das grandes aplicações das ontologias, será na internet. O W3C escolheu a Ontologia como forma de representar informação semântica na futura internet, isto é, na *Web Semântica*. Esta nova arquitectura vem acrescentar um conjunto de novas capacidades à actual internet, onde a informação estará codificada sob a forma de ontologias em páginas *web* que serão lidas e interpretadas por programas capazes de processar, procurar e filtrar essa mesma informação.

## 2.2. Hipertensão

A Hipertensão Arterial (HTA) é uma doença que afecta uma grande parte da população mundial, com especial prevalência no mundo ocidental, tendo como causa directa o estilo de vida de uma sociedade cada vez mais industrializada. Em Portugal, a HTA constitui um dos maiores problemas de Saúde Pública, sendo responsável por um elevado número de complicações cardiovasculares, como a doença vascular cerebral, coronária e a insuficiência cardíaca [24].

Em 2009, no 3º Congresso Português de Hipertensão, os professores Mário Espiga de Macedo, Manuela Fiúza e Jorge Polónia apresentaram a actualização do seu Estudo de Prevalência, Tratamento e Controlo da Hipertensão em Portugal, apontando para uma prevalência de 42,1% de HTA na população portuguesa com mais de 18 anos, sendo que apenas 1/3 dos doentes se encontra em tratamento, e só 7,6% têm a doença controlada [25].

### 2.2.1. Definição

Antes de definir HTA, torna-se importante explicar o conceito de Pressão Arterial (PA) (também designada de Tensão Arterial).

Os valores de PA são determinados pela pressão máxima e mínima a que o sangue circula nas artérias do organismo, em consequência da acção de bombeamento que o coração efectua a cada pulsação. Assim, cada vez que o coração se contrai, o sangue é bombeado através da artéria aorta e é atingida a pressão máxima a que se chama Pressão Sistólica (PA sistólica). Em seguida, à medida que o coração relaxa, a pressão dentro das artérias vai descendo, atingido o seu valor mais baixo designado de Pressão Diastólica (PA diastólica) [26].

A HTA é uma doença que se caracteriza por um aumento da pressão que o sangue exerce nas paredes das artérias por onde circula. Mais tecnicamente, pode-se definir HTA como sendo a elevação crónica da PA. As causas desta elevação dividem a HTA em dois tipos: a primária (essencial) e a secundária.

A HTA primária é a mais prevalente na sociedade e, apesar de não ter causas conhecidas, aponta-se que o seu surgimento é devido a uma combinação de factores hereditários, ambientais e erros no estilo de vida.

A HTA secundária, embora seja rara, desenvolve-se em consequência de uma doença subjacente ou condição especial, como doenças renais, traumatismos ou tumores cranianos, doenças endócrinas, gravidez ou como efeito secundário de alguns medicamentos (por exemplo anticoncepcionais orais). Nesta situação, o tratamento centra-se na correcção ou controlo do processo patológico primário específico. Ao tratar/controlar com êxito a doença subjacente, controla-se HTA secundária.

As actuais directrizes da Sociedade Europeia de Hipertensão (ESH) [27] classificam a PA em várias categorias, às quais correspondem valores limite para a PA sistólica e PA diastólica. Na Tabela 2-2 define-se e categoriza-se a Pressão Arterial.

ESH/ESC – Definição e classificação da Pressão Arterial (mmHg)			
Categoria	Sistólica		Diastólica
Óptima	<120	e	<80
Normal	120-129	e/ou	80-84
Normal-Alta	130-139	e/ou	85-89
Hipertensão Grau 1	140-159	e/ou	90-99
Hipertensão Grau 2	160-179	e/ou	100-109
Hipertensão Grau 3	≥180	e/ou	≥110
Hipertensão sistólica isolada	≥140	e	<90

A hipertensão sistólica isolada pode ainda ser classificada (grau 1,2,3) de acordo com os valores de PA sistólica nos intervalos indicados, desde que a PA diastólica se mantenha abaixo dos 90mmHg.

Tabela 2-2 Definição e classificação da Pressão Arterial [28].

### 2.2.2. Sinais e sintomas

A HTA é apelidada no mundo da Medicina como o “assassino silencioso”, por ser uma doença que geralmente ocorre sem sintomas. Sendo uma doença assintomática, normalmente os doentes hipertensos não lhe atribuem a devida importância, sendo esta a razão para o elevado número de doentes não tratados. Contudo, ao longo do tempo, a HTA não tratada faz com que ocorram lesões em órgãos importantes como cérebro, rins, coração, ocorrendo assim sintomas, fruto do avanço da doença, como dores de cabeça matinais(cefaleias matinais), sangramento nasal espontâneo(epistaxis nasal espontânea) e visão embaçada.

### 2.2.3. Factores de risco

A HTA pode afectar um qualquer indivíduo, num qualquer momento da sua vida, contudo há situações que, pelo facto de poderem ser propícias são consideradas de risco:

- **A idade** - a incidência da HTA aumenta consistentemente com a idade, afectando principalmente homens com mais de 55 anos e mulheres com mais de 65 anos.
- **O género** - os homens são o grupo mais atingido, contudo nas mulheres após a menopausa a sua incidência aumenta.
- **A raça** - a incidência da HTA varia consideravelmente de acordo com as raças e grupos culturais. Estudos demonstram que a prevalência da HTA entre afro-americanos é dupla da que se verifica entre indivíduos de raça branca e, geralmente, é também mais grave.
- **A história familiar** - indivíduos com história familiar de HTA têm uma maior probabilidade de desenvolver a doença.
- **Adopção de estilos de vida incorrectos** - alimentação desadequada (rica em gorduras, sal, açúcares), consumo excessivo de álcool, sedentarismo e consequente aumento de peso, tabagismo e stress emocional.

#### 2.2.4. Diagnóstico

A PA de cada indivíduo varia de momento para momento em resposta às diferentes actividades e emoções. Por esta razão, diagnóstico de HTA não é feito com base num único valor elevado. É importante referir que, em alguns indivíduos a PA eleva-se no acto da medição, só pela presença do médico, sendo então chamada de “HTA da bata branca” [26].

Assim, para se efectuar o diagnóstico de HTA deve-se ter, pelo menos, duas medições elevadas de PA, nas posições de sentado e decúbito dorsal, obtidas em momentos diferentes da consulta. Quando é estabelecido o diagnóstico, pode ser necessário realizar exames complementares ao mesmo, como exame físico alargado, electrocardiograma, radiografia torácica e análises laboratoriais. Estes exames ajudam o médico a excluir a existência de uma causa subjacente para a HTA ou a avaliar a existência e/ou extensão de lesões em órgãos-alvo.

#### 2.2.5. Tratamento

Os principais objectivos do tratamento da HTA são a redução dos valores de PA para, pelo menos, 140/90 mmHg, bem como controlar os factores de risco. Para isso, existem dois tipos de tratamento da HTA a seguir – o tratamento farmacológico, ou seja, através de medicação; e o tratamento não farmacológico, que passa em grande parte pela educação terapêutica.

Estes objectivos conduzem também à redução do risco cardiovascular. A Sociedade Europeia de Hipertensão/Sociedade Europeia de Cardiologia (ESH/ESC), tendo em consideração a conjugação dos factores de risco e historial clínico com o grau de hipertensão do doente, desenvolveu uma estratificação, em quatro categorias, do risco cardiovascular, a qual pode ser observada na tabela 2-3, que se apresenta de seguida.

Outros factores de risco e história da doença	Pressão arterial (mmHg)				
	Normal PAS: 120 - 129 ou PAD: 80-84	Normal - Alto PAS: 130 - 139 ou PAD: 85 - 89	Grau 1 PAS: 140 - 149 ou PAD: 90 - 99	Grau 2 PAS: 160 - 179 ou PAD: 100 - 109	Grau 3 PAS ≥ 180 ou PAD ≥ 110
Sem outros factores de risco	Risco normal	Risco normal	Risco baixo acrescido	Risco moderado acrescido	Risco elevado acrescido
1-2 factores de risco	Risco baixo acrescido	Risco baixo acrescido	Risco moderado acrescido	Risco moderado acrescido	Risco elevado acrescido
3 ou mais factores de risco, SM, DO ou Diabetes	Risco moderado acrescido	Risco elevado acrescido	Risco elevado acrescido	Risco elevado acrescido	Risco elevado acrescido
DC estabelecida ou doença renal	Risco elevado acrescido	Risco elevado acrescido	Risco elevado acrescido	Risco elevado acrescido	Risco elevado acrescido

Tabela 2-3 Estratificação do risco cardiovascular [28].

Assim, ao controlar a HTA e os factores de riscos pretende-se, também, minimizar o risco cardiovascular, não só a curto mas, sobretudo, a longo prazo.

#### 2.2.5.1. Tratamento não farmacológico

O tratamento não farmacológico é o tratamento de eleição em doentes com HTA normal alta e em doentes que apesar de terem a PA dentro dos valores normais, apresentam mais de dois factores de risco ou doenças crónicas adjacentes que possam levar ao aumento desses.

Este consiste, essencialmente, em alterações no estilo de vida. A adopção de estilos de vida saudáveis proporciona geralmente uma descida significativa da PA, podendo ser o suficiente para baixar os valores tensionais para o normal. De entre estas, as recomendadas pela ESH/ESC [27] são:

- Cessação tabágica
- Redução e manutenção de peso
- Moderação do consumo de álcool
- Exercício físico
- Redução da ingestão de sal
- Aumento do consumo de frutas e vegetais
- Diminuição do consumo de gorduras, em especial as saturadas.

É muito importante, ainda, o factor motivação/atitude, sendo fundamental dar a conhecer ao doente e sua família os riscos da HTA, bem com a importância não só de seguir e manter o plano de tratamento, como também compreender e respeitar todas as indicações médicas.

### 2.2.5.2. Tratamento farmacológico

Quando as medidas não farmacológicas demonstram ser insuficientes têm-se de recorrer ao tratamento farmacológico, que consiste na administração de um ou mais anti-hipertensivos. No entanto, há que ter presente que os fármacos não curam a HTA, apenas permitem, tal como o tratamento não farmacológico, o seu controlo. Por isso, uma vez iniciado, o tratamento farmacológico deverá ser continuado e mantido por toda a vida.

A selecção do fármaco é feita numa base individual, tendo-se em consideração as características do utente, o seu estilo de vida e o seu historial clínico. Em geral inicia-se o tratamento com uma dosagem baixa de um fármaco uma vez por dia. A ESH/ESC seleccionou como anti-hipertensivos de primeira linha fármacos que conjugassem critérios de comodidade de administração, eficácia comprovada na redução de problemas cardiovasculares e boa tolerabilidade em utilização prolongada. Deste modo, tem-se como classes de anti-hipertensivos de primeira linha, os diuréticos tiazídicos, os  $\beta$ -bloqueantes ( $\beta$ B), os  $\alpha$ -bloqueantes, os antagonistas dos canais de cálcio (ACC), os inibidores da enzima de conversão da angiotensina (IECA) e os antagonistas dos receptores da angiotensina (ARA).

A tabela 2-4 apresenta as principais categorias de fármacos, bem como as suas acções.

Grupo farmacológico / Acção	
<b>Diuréticos</b>	
Tiazidas	Bloqueiam a reabsorção do sódio na porção cortical do túbulo ascendente; água excretada com sódio.
Diuréticos da ansa	Bloqueiam a reabsorção do sódio e da água na porção medular do túbulo ascendente; provocam depleção rápida do volume.
Diuréticos poupadores do potássio	Inibem a aldosterona; excreção de sódio para troca com o potássio.
<b>Inibidores adrenérgicos</b>	
$\beta$ -bloqueadores adrenérgicos	Bloqueiam os receptores $\beta$ -adrenérgicos do sistema nervoso simpático, fazendo baixar a frequência cardíaca e a pressão arterial.
$\alpha$ -bloqueadores de acção central	Activam os receptores centrais que provocam supressão dos centros, vasomotor e cardíaco, causando diminuição da resistência periférica.
Antagonistas adrenérgicos de acção periférica	Provocam depleção das catecolaminas em fibras pós-gangliónicas simpáticas periféricas.
bloqueadores adrenérgicos $\alpha$ e $\beta$ , combinados	Bloqueiam os receptores $\beta$ -adrenérgicos do sistema nervoso simpático, fazendo baixar a frequência cardíaca e a pressão arterial.
<b>Vasodilatadores</b>	
Dilatam os vasos sanguíneos periféricos ao provocarem directamente o relaxamento do músculo liso vascular.	
<b>Inibidores da enzima conversora da angiotensina (IECA)</b>	
Inibem a conversão da angiotensina em angiotensina II, bloqueando assim a libertação da aldosterona, e reduzindo a retenção de sódio e água.	
<b>Antagonista do Receptor da Angiotensina II (ARA)</b>	
Selectivamente, bloqueia a ligação da angiotensina II aos respectivos receptores, que existem em muitos tecidos e músculos liso vascular, o que faz bloquear os seus efeitos vasoconstritores e secretores de aldosterona.	
<b>Antagonistas de Cálcio (ACC)</b>	
Inibem a entrada do cálcio nas células musculares; actuam sobre os músculos lisos vasculares para reduzirem os espasmos e promoverem a vasodilatação.	

Tabela 2-4 Anti-hipertensores de utilização comum e sua acção [29] [30].

Face à resposta do doente à terapêutica, pode-se aumentar a frequência da administração ou a dose. Os ajustes são baseados no controlo da PA durante algumas semanas. Ao fim de dois a três meses de tratamento, por vezes, torna-se necessário substituir um fármaco por outro, se o anterior se revelar ineficaz no controlo da HTA ou então associar um novo grupo de fármacos. A escolha de um deles, ou a sua combinação quando necessária, deve ter em consideração ensaios clínicos efectuados no passado. Na figura 2-2 pode-se observar as combinações preferenciais (linhas contínuas) de entre o conjunto geral de anti-hipertensivos.

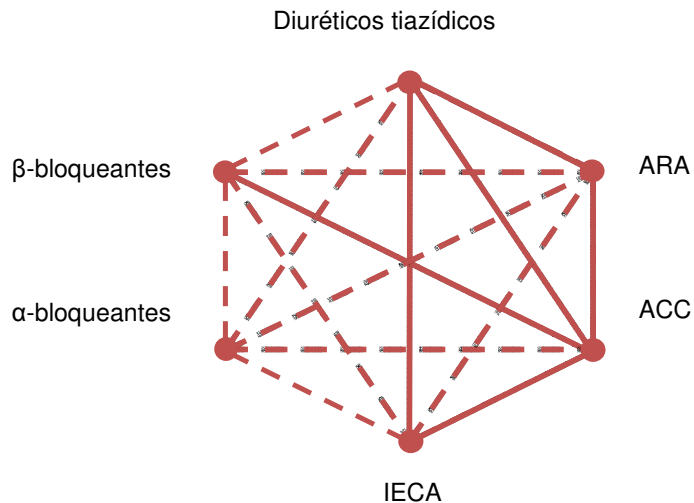


Figura 2-2 Combinações possíveis de anti-hipertensivos [27] [28].

Os objectivos da terapêutica farmacológica são controlar a PA a um nível que proteja órgãos vitais como cérebro, rins e coração, de uma lesão permanente. Isto deve ser conseguido com uma dose otimizada de fármaco e, sempre que possível, com o menor número de fármacos possíveis. Isto permite que se minimize não só os efeitos secundários como também as despesa para o utente. Estes dois pontos são fulcrais para a adesão ao regime terapêutico uma vez que, como geralmente a HTA é assintomática, o doente pode não compreender, ou aceitar, a importância de aderir à terapia, especialmente quando os fármacos prescritos causam efeitos indesejáveis ou representam um encargo financeiro substancial.

A ESH/ESC defende que o início do tratamento da HTA deve ser decidido com base em dois critérios: primeiro tem de se ter em conta os valores da PA sistólica e PA diastólica, ou seja, tem de classificar a PA; segundo tem de se avaliar o historial clínico do doente no que respeita à existência de factores de risco ou doenças adjacentes. A conjugação de ambos leva a diferentes abordagens em relação a qual o tipo de tratamento a iniciar, seja ele baseado em mudanças no estilo de vida, ou em terapêutica farmacológica específica.

As conjugações de possíveis tratamentos podem ser observadas na tabela 2-5.



Outros factores de risco, DO ou doença	Pressão arterial (mmHg)				
	Normal PAS: 120 - 129 ou PAD: 80-84	Normal - Alto PAS: 130 - 139 ou PAD: 85 - 89	Grau 1 PAS: 140 - 149 ou PAD: 90 - 99	Grau 2 PAS: 160 - 179 ou PAD: 100 - 109	Grau 3 PAS ≥ 180 ou PAD ≥ 110
Sem outros factores de risco	Sem intervenção na PA	Sem intervenção na PA	Mudanças de estilo de vida por alguns meses: tratamento farmacológico se PA não controlada	Mudanças de estilo de vida por algumas semanas: tratamento farmacológico se PA não controlada	Mudanças de estilo de vida + início imediato de tratamento
1-2 factores de risco	Mudanças de estilo de vida	Mudanças de estilo de vida	Mudanças de estilo de vida por algumas semanas: tratamento farmacológico se PA não controlada	Mudanças de estilo de vida por algumas semanas: tratamento farmacológico se PA não controlada	Mudanças de estilo de vida + início imediato de tratamento
3 ou mais factores de risco, SM ou DO	Mudanças de estilo de vida	Mudanças de estilo de vida e considerar tratamento	Mudanças de estilo de vida + tratamento farmacológico	Mudanças de estilo de vida + tratamento farmacológico	Mudanças de estilo de vida + início imediato de tratamento
Diabetes	Mudanças de estilo de vida	Mudanças de estilo de vida + tratamento farmacológico	Mudanças de estilo de vida + tratamento farmacológico	Mudanças de estilo de vida + tratamento farmacológico	Mudanças de estilo de vida + início imediato de tratamento
DC estabelecida ou doença renal	Mudanças de estilo de vida + início imediato de tratamento	Mudanças de estilo de vida + início imediato de tratamento	Mudanças de estilo de vida + início imediato de tratamento	Mudanças de estilo de vida + início imediato de tratamento	Mudanças de estilo de vida + início imediato de tratamento

Tabela 2-5 Início de tratamento anti-hipertensivo [27] [28].

Através desta tabela pode-se verificar que os tratamentos da HTA farmacológico e não farmacológico não devem ser vistos isoladamente, uma vez que um complementa o outro. Sendo assim, se se verificar que o tratamento não farmacológico não é suficiente para o controle da HTA é necessário associar-lhe um fármaco. Contudo, mesmo quando o tratamento é iniciado pela farmacologia, a mudança de estilos de vida nunca é descurada, pois potencia o efeito dos fármacos e assim controla mais eficazmente a HTA.

No entanto, torna-se importante referir que, tendo em consideração o historial clínico do doente, como lesões em órgãos-alvo, acontecimentos clínicos (como Acidente Vascular Cerebral (AVC), enfarte do miocárdio, entre outros) e determinadas condições (como gravidez, diabetes *mellitus*(DM), entre outras), a ESH/ESC seleccionou determinados anti-hipertensivos de primeira linha, os quais se encontram explícitos na tabela 2-6.

Danos subclínicos nos órgãos-alvo	
HVE	IECA, ACC, ARA
Aterosclerose assintomática	ACC, IECA
Microalbuminúria	IECA, ARA
Disfunção renal	IECA, ARA
Acontecimentos clínicos	
Pós AVC	Qualquer anti-hipertensivo
Pós Enfarte do miocárdio	βB, IECA, ARA
<i>Angina pectoris</i>	βB, ACC
Insuficiência cardíaca	Diuréticos, βB, IECA, agentes anti-aldosterona
Fibrilhação atrial	
Recorrente	ARA, IECA
Permanente	βB, ACC não dihidropiridínicos
DREF/proteinúria	IECA, ARA, diuréticos de ansa
Doença arterial periférica	ACC
Condições	
HSI	Diuréticos, ACC
Síndrome metabólica	IECA, ARA, ACC
Diabetes mellitus	IECA, ARA
Gravidez	ACC, metildopa, βB
Raça negra	Diuréticos, ACC

Tabela 2-6 Anti-hipertensivos: Historial Clínico e opções terapêuticas [27] [28].

## 2.3. Conclusão

Neste capítulo o principal objectivo era dar a conhecer os dois principais temas abordados neste trabalho: ontologias e hipertensão.

Na primeira parte abordou-se o tema das ontologias. Deu-se a conhecer o seu significado e importância, bem como alguns dos recursos e métodos usados para o seu desenvolvimento. Recorrendo a alguns exemplos, demonstrou-se que a sua utilização é cada vez mais comum e abrange as mais diversas áreas.

Na segunda parte introduziu-se o conceito de hipertensão, dando especial relevo à informação contida nas directrizes.

### 3. Metodologia e Ferramentas

No capítulo anterior demonstrou-se que existem diversos métodos e ferramentas para o desenvolvimento de ontologias. Também foi referido que a escolha de um método ou ferramenta específicos é uma questão que deve ter em conta não só o propósito da ontologia como também a sua capacidade de simplificar todo o processo.

Neste trabalho optou-se pelo Protégé (versão 3.4.4), visto ser uma ferramenta com um ambiente gráfico simples de usar, fácil de compreender e apresentar uma arquitectura expansível. Este já foi usado, com sucesso, na área da saúde, de onde se pode realçar o já descrito projecto *HF Ontology*. Existe, ainda, à disposição dos utilizadores, uma vasta biblioteca de ontologias das mais diversas áreas [31].

Em relação ao método escolhido, uma vez que não existe um que se possa definir como ideal, foi adoptado, como referência, o método 101 proposto por Noy e McGuinness [12]. A sua escolha está, principalmente, relacionada com a sua simplicidade, e com o facto do mesmo usar como ferramenta o Protégé. Outro dos aspectos tomados em conta na escolha deste método, foi o de tornar todo o processo mais fácil de compreender, visto que permite a construção de ontologias com base num processo de desenvolvimento iterativo e genérico, não entrando em suposições sobre a representação do conhecimento.

De seguida é feita uma breve descrição sobre o Protégé e o Método 101.

#### 3.1. Método 101

Serão seguidos, como pontos de referência, os passos 1 a 7 apresentados por Noy e McGuinness, e que consistem em:

##### **1) Determinar o domínio e âmbito da ontologia**

Este pode, e deve, ser um dos pontos de partida no desenvolvimento da ontologia. Nesta fase devem-se procurar respostas para algumas questões mais básicas como o domínio que a ontologia irá abranger, ou ainda o uso que lhe será dado. Gruninger e Fox referem que um modo simples de se determinar o âmbito da ontologia, é criando uma lista de questões (questões de competência) às quais a informação contida na mesma deve ser capaz de responder. Estas questões servirão, mais tarde, como teste

final.

Um dos aspectos a ter em consideração nesta fase é que a resposta a estas questões pode mudar durante o processo de criação da ontologia, contudo isso nunca deverá limitar o seu contexto.

## **2) Considerar o uso de ontologias existentes**

É sempre uma mais valia tirar proveito do trabalho já realizado dentro do domínio em questão. A integração de termos ou definições já existentes noutras ontologias, ou até mesmo a sua integração, quando possível, deve ser, sempre, uma consideração inicial no processo de desenvolvimento.

## **3) Enumerar os termos importantes na ontologia**

Neste ponto devem ser listados os termos mais importantes do domínio em estudo, isto é, deve ser feito um apanhado sobre os termos mais usados, sem a preocupação sobre as suas relações, ou se os mesmos são classes ou propriedades das classes.

## **4) Definir classes e sua hierarquia**

Noy e McGuinness citam Uschold e Gruninger para apresentarem três diferentes escolhas que podem ser feitas para o desenvolvimento da hierarquia de classes:

- o processo iterativo *Top-down*, em que se define primeiro os conceitos mais gerais e só depois se faz a sua especialização;
- o processo iterativo *Bottom-up*, em que são definidos primeiros os conceitos mais específicos, sendo os mesmo organizados depois em classes mais gerais;
- Combination*, que como o próprio nome indica, é uma combinação dos dois métodos anteriores: define-se primeiro os principais conceitos, e depois generaliza-se e especializa-se os mesmos.

Nenhum destes três métodos é melhor que os outros, e a escolha de um deles é uma questão meramente pessoal. Independentemente do método escolhido, o primeiro passo consiste, normalmente, na definição de classes, tendo como base a lista criada no ponto 3.

## **5) Definir as propriedades das classes – os *slots***

As classes por si só não contêm informação suficiente para responderem às questões de competência formuladas no passo 1. Como tal é necessário definir as suas propriedades (*slots*), ou seja, definir a sua estrutura interna.

É importante referir que todas as subclasses de uma classe herdam o seu *slot*, e

como tal um *slot* deve ser sempre anexado à classe mais geral que possa conter uma determinada propriedade.

#### **6) Definir as restrições dos slots – facetas**

As facetas representam todo o tipo de restrições que as propriedades das classes podem ter. Os valores permitidos no Protégé-OWL 3.4.4 são: *string*, *float* e *integer* (para valores numéricos), booleano (verdadeiro/falso), *date*, *time* e *dateTime* (estes últimos para questões temporais). Por exemplo, o valor de um *slot* “nome” (como em “nomePessoa”) é uma *string*.

#### **7) Criar instâncias (ou indivíduos)**

O último passo no desenvolvimento da ontologia consiste na criação individual de instâncias de uma classe. Definir uma instância individual de uma classe é um processo que se faz em três etapas: i) escolha da classe; ii) criação da instância; iii) preenchimento dos *slots* com dados reais.

Como consideração final é importante referir que a realização dos passos anteriormente descritos, não necessita de ser feita pela ordem apresentada. De facto, na prática, a tarefa da definição de classes e das suas propriedades é realizada de forma conjunta, uma vez que estes são os dois passos mais importantes no processo de desenvolvimento da ontologia.

Também é necessário ter em conta que uma ontologia é um modelo que deve reflectir os conceitos do mundo real . Como tal, é certo que, após uma primeira versão, sejam feitas várias revisões da mesma com o intuito de se preencher detalhes, aperfeiçoar e fazer evoluir a ontologia. Este é, também, um processo iterativo que será efectuado durante todo o ciclo de vida da ontologia.

## **3.2. Protégé**

O Protégé é uma plataforma gratuita e de código aberto que fornece um conjunto de recursos para o desenvolvimento e investigação de sistemas baseados no conhecimento. Actualmente é usado como editor de ontologias e a sua plataforma permite a modelação de duas formas distintas: através do editor *Protégé-Frames* e através do editor *Protégé-OWL* [32].

O editor *Protégé-Frames* permite aos utilizadores construir e popular ontologias de acordo com o *Open Knowledge Base Connectivity Protocol*<sup>1</sup> (OKBC). Neste modelo a ontologia consiste num conjunto de classes organizadas hierarquicamente para representação do domínio, um conjunto de *slots* associados às classes que descrevem as suas propriedades e relações, e um conjunto de instâncias que contêm valores específicos para as propriedades das classes. A figura 3-1 demonstra o ambiente gráfico do *Protégé-Frames*, onde é possível observar a hierarquia de classes e a descrição de alguns *slots*.

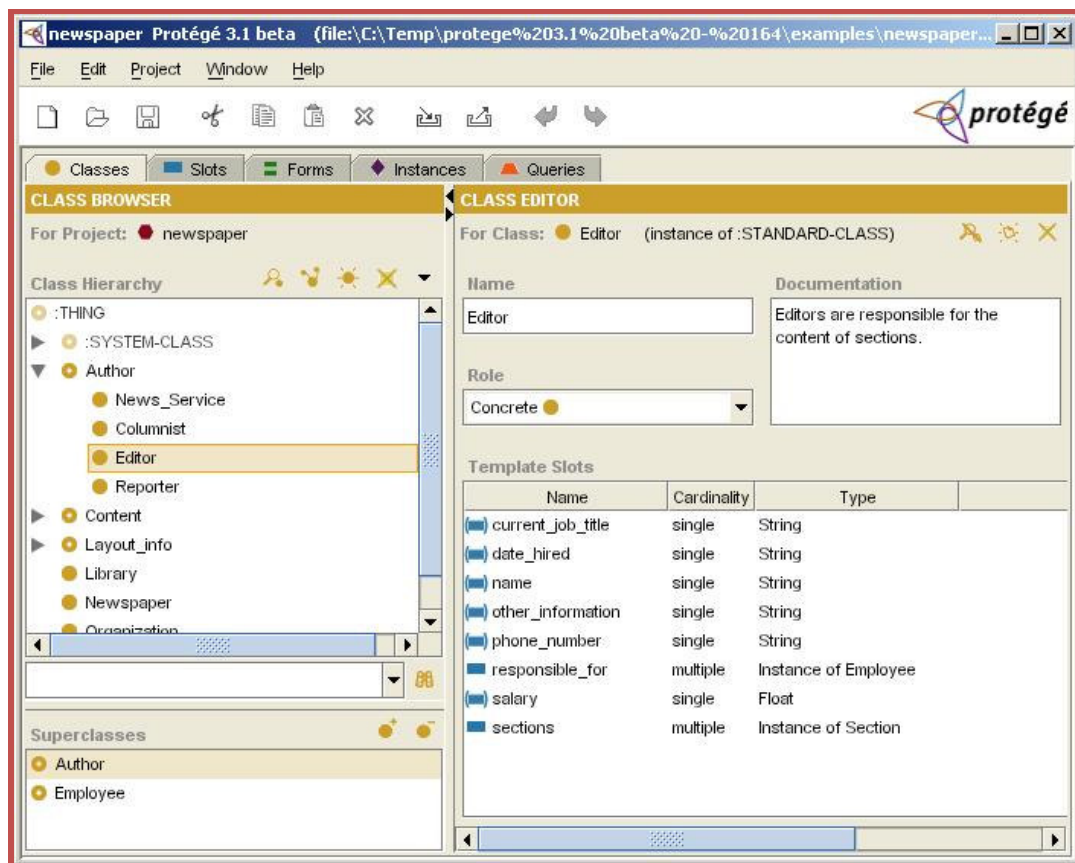


Figura 3-1 Ambiente gráfico do *Protégé-Frames* [32].

Contudo, esta aproximação, baseada em *frames* (conjunto de *slots* que através dos seus valores descrevem as características de um objecto), não se revela ideal para representações de domínios mais complexos, limitando o seu desenvolvimento.

<sup>1</sup> Ver [www.ai.sri.com/~okbc](http://www.ai.sri.com/~okbc)

O editor *Protégé-OWL* (figura 3-2) é uma extensão do Protégé que suporta a linguagem OWL. O W3C descreve a OWL como “uma *linguagem projectada para uso em aplicações que precisam de processar o conteúdo da informação em vez de apenas a apresentar aos humanos*” [33].

A ontologia OWL deve incluir uma descrição de classes, suas propriedades e instâncias, tal como mencionado no Método 101. A semântica formal OWL especifica como derivar factos que não estão presentes literalmente na ontologia, mas que provêm da semântica. Tais factos podem ser baseados num único documento ou em múltiplos documentos que tenham sido combinados usando mecanismos OWL.

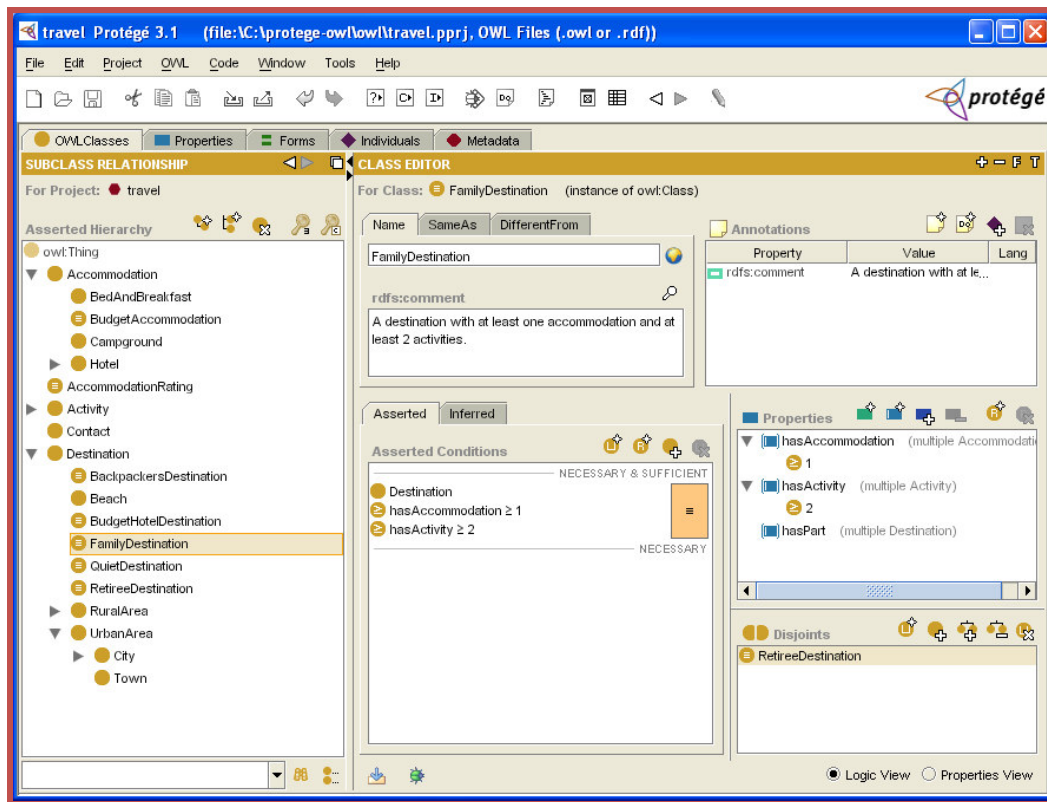


Figura 3-2 Ambiente gráfico do *Protégé-OWL* [32].

A arquitectura flexível do *Protégé-OWL* facilita ainda a sua configuração e extensão, permitindo o desenvolvimento de serviços de *Web Semântica* através de componentes que podem ser conectados ao sistema (*plugins*). Dois exemplos de *plugins* que se integram no Protégé são o JessTab e o SWRLTab, que serão descritos mais à frente.





## **4. Desenvolvimento de um protótipo para verificação de directrizes baseado em Ontologia**

Tal como referido no capítulo anterior, adoptou-se neste trabalho o Método 101, e o editor *Protégé-OWL*. Apesar de serem tomados como referência os pontos anteriormente enunciados, a ordem pela qual os mesmos estão descritos não é de significativa importância.

### **4.1. Ontologia de suporte ao Sistema**

O ponto de partida no desenvolvimento da ontologia consistiu na busca da informação necessária para dar resposta às inevitáveis questões sobre o domínio e âmbito da ontologia, o seu uso, e o tipo de questões a que a informação contida na ontologia deve responder. Deste modo, e sendo a hipertensão o domínio da ontologia, pretende-se que esta seja usada como um ponto de suporte à decisão médica, fornecendo respostas a questões relacionadas com o perfil clínico do utente e respectivo tratamento, como por exemplo: i) número de exames alterados, ii) informação sobre a medicação mais adequada, ou iii) informação clínica de relatórios que tenham mais que um exame alterado.

Numa primeira versão, foi usada como base do trabalho, a ontologia HF[23], a informação presente nas directrizes de Hipertensão em português[28] e inglês[27], e a informação recolhida em vários documentos e livros técnicos relacionados com a matéria em estudo, informação já descrita no capítulo 2.

Após uma cuidada análise da ontologia HF, foi retido o essencial em hipertensão e criada uma primeira lista com alguns dos termos mais importantes que pudessem servir como ponto de partida na estruturação da ontologia:

Conceitos, factores de risco, clínicos, demográficos, classificação da hipertensão, termos, tratamento, educação terapêutica, medicação, anti-hipertensores, ARA, ACC, IECA, diuréticos,  $\beta$ -bloqueadores,  $\alpha$ -bloqueadores, recomendações, paciente, idade, raça, género, estado civil, pressão arterial, historial clínico e familiar, exames, actividade física, alimentação, motivação, doenças adjacentes, estilo de vida, danos nos órgãos-alvo, acontecimentos clínicos, condições, alcoolismo, tabagismo, sal, stress.

Esta lista é passível de ser revista e actualizada ao longo do processo de criação da ontologia.

O passo seguinte consistiu na definição das classes e sua hierarquia. Aqui optou-se por um método iterativo *Top-down*, ou seja, pegou-se nos conceitos principais e mais gerais do domínio, e partiu-se para uma especialização dos mesmos.

A Conjugação dos termos listados anteriormente, com a análise à ontologia HF e a informação presente nas directrizes, permitiu a definição de cinco classes de “topo”:

- *Caracteristicas\_do\_paciente* – onde está a informação relevante sobre o estilo de vida e as características demográficas do paciente. De acordo com as directrizes informação acerca dos hábitos alcoólicos e alimentares, tabagismo, stress, faixa etária, raça ou género, é importante para a escolha do tipo de tratamento a adoptar.
- *HTA\_conceitos* – onde, como o próprio nome indica, são definidos os conceitos da hipertensão. É aqui que está definida a classificação da PA (tabela 2-2) e os factores de risco referidos anteriormente (capítulo 2.2).
- *Pacientes* – onde são colocados dados concretos de pacientes.
- *Tratamento* – onde está contida a informação relativa à educação terapêutica, a qual foi mencionada no capítulo 2.2.5.
- *Medicação* – onde está a informação relativa aos medicamentos.

De seguida passou-se para um nível intermédio, onde foram definidas as subclasses das cinco classes de topo, e por último definiram-se as classes de nível mais baixo. A figura 4-1 mostra a estrutura inicial da hierarquia das classes.



Figura 4-1 Versão inicial da estrutura da ontologia.

Foi este o ponto de partida para a definição da estrutura final da ontologia. De facto não é muito correcto falar em ‘estrutura final’, uma vez que o processo de desenvolvimento de uma ontologia é, como já foi referido, um processo iterativo e como tal a sua estrutura sofrerá constantes alterações ao longo do seu ciclo de vida. Contudo, sempre que aqui for referida a ‘estrutura final’, deve-se entender que se trata da estrutura final da proposta apresentada.

Assim, após esta primeira versão, foram feitas várias revisões da mesma, alterando, criando e eliminando classes, sempre com o objectivo de tornar este modelo o mais próximo possível da realidade. Para tal foi importante o contributo de profissionais de saúde (duas enfermeiras) que, apesar de não estarem directamente ligadas à vertente da cardiologia, ajudaram na definição dos nomes normalmente usados pelos profissionais da área.

Depois de algumas alterações, e de analisada a informação contida em dois episódios clínicos (anónimos), chegou-se à conclusão que classes como Tratamento e Medicação podiam e deviam ser fundidas numa única classe denominada de Terapêutica. Apesar de nos relatórios médicos não existir informação acerca dos conselhos dados pelo profissional de saúde ao utente, em especial no que toca a

educação terapêutica, optou-se por manter uma subclasse denominada de Educação\_terapêutica, na qual constam algumas medidas que deveriam ser seguidas pelos utentes.

A classe Pacientes viu o seu nome alterado para Pessoa, e dentro desta foram criadas duas subclasse: Utente e Profissional\_de\_saúde.

A classe Características\_do\_paciente foi eliminada, uma vez que a informação existente nos relatórios médicos pouco ou nada diz acerca do estilo de vida do utente. Informação acerca da idade, género e raça passa a estar disponível na Pessoa.

Na classe HTA\_conceitos estão conceitos relacionados com a hipertensão, como os factores de risco, acontecimentos adjacentes que sejam relevantes para o tratamento da HTA, características do estilo de vida, ou ainda a classificação da PA. Por último criou-se a classe Relatório, onde é colocada a informação que consta no relatório médico.

A figura 4-2 mostra o ambiente gráfico do separador OWLClasses, onde são definidas as classes e subclasse. À esquerda, no explorador de subclasse, pode-se observar a sua hierarquia, numa aproximação já mais condizente com a realidade.

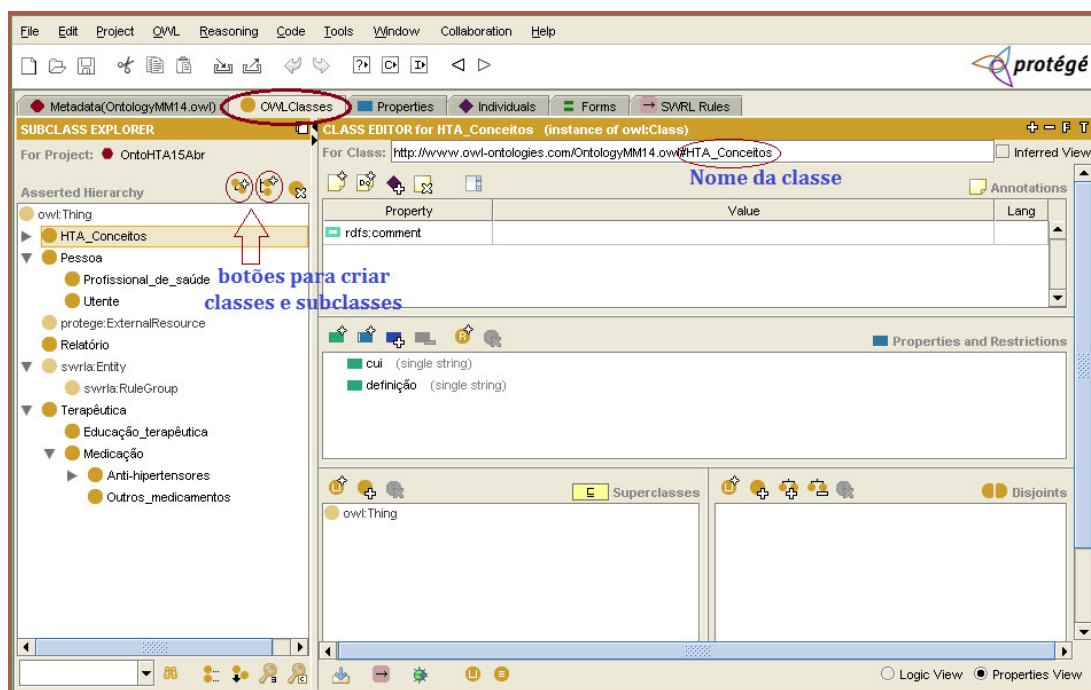


Figura 4-2 Separador OWLClasses onde são definidas as classes e sua hierarquia.

Como já foi referido anteriormente, e como se pode observar pela figura 4-2, as classes e subclasse por si só não fornecem informação suficiente para responder às

questões de competência. É então necessário definir a sua estrutura interna, ou seja, definir as suas propriedades, respectivas restrições e relações.

Toma-se de seguida, como exemplo, o caso particular da classe *Pessoa*. Para a identificação de uma pessoa podem-se usar atributos como : nome próprio, apelido, idade, género, altura, raça, morada, estado civil, entre muitas outras. Para o caso particular em estudo, a informação presente nos relatórios é pouca, pelo que propriedades como altura e estado civil podem ser descartadas. Contudo, e de acordo com os factores de risco cardiovascular, a idade e sexo da pessoa são dois atributos muito importantes.

Assim, um *slot* com as respectivas propriedades deve ser criado e associado à classe *Pessoa*, classe esta que contém as subclasses *Utente* e *Profissional\_de\_saúde* que, por serem subclasses de *Pessoa*, vão herdar as suas propriedades.

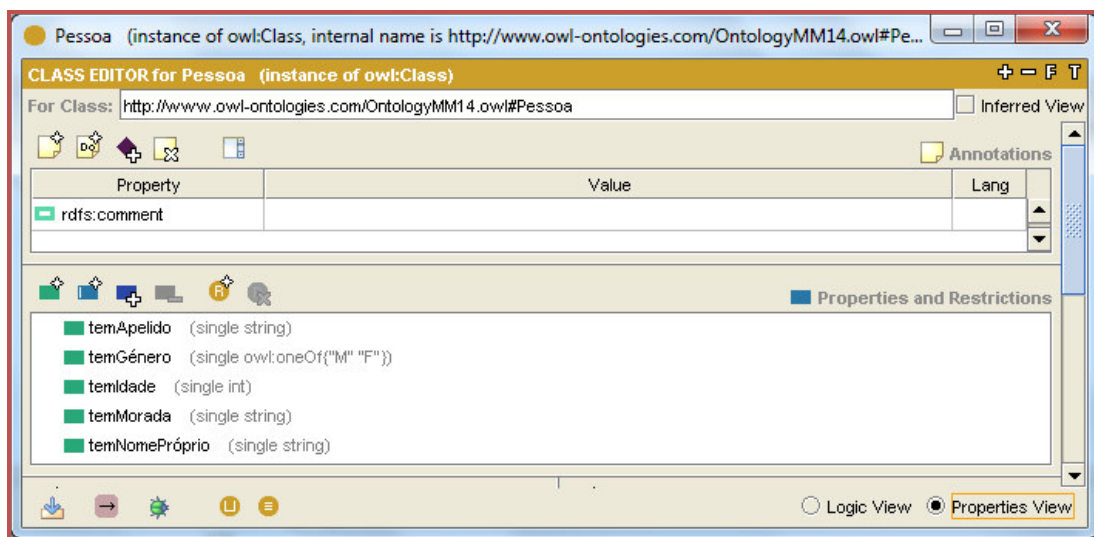


Figura 4-3 Propriedades e restrições para a classe *Pessoa*.

Na figura 4-3 podem-se observar cinco propriedades: *temApelido*, *temNomePróprio*, *temGénero*, *temMorada* e *temIdade*. Estas propriedades são descritas no Protégé como *Datatype properties*, identificadas pelo símbolo "■", e definem-se através do domínio e do seu valor, que será um elemento do tipo *string*, *boolean*, *float*, *int*, *date*, *time* ou *dateTime*. Por exemplo, a propriedade *temIdade* possui como domínio a classe *Pessoa* e como valor um número (*int*). Já a *temGénero* tem como domínio a classe *Pessoa*, e é uma *string* que apenas aceita como valores de entrada a letra M ou F. É importante referir que a qualquer altura podem ser definidas novas propriedades, ou apagadas propriedades existentes.

Até aqui foram definidas apenas propriedades que possam caracterizar a classe Pessoa. Contudo é fundamental relacionar esta classe com as restantes. Seleccionando, como exemplo, a subclasse Utente, apresenta-se uma possível modelagem para os conteúdos relacionados com esta subclasse:

*Um Utente é uma Pessoa, e tem associado a si um Relatório clínico. No Relatório pode constar informação acerca do estado de saúde do Utente, como a PA que apresenta, problemas associados, factores de risco, medicação prescrita, entre outras. O Relatório pode ainda ser associado a um profissional de saúde, ou a uma data.*

Como se pode observar por este pequeno exemplo, existe um conjunto de relações entre classes e subclasses que necessitam de ser definidas. Estas relações são descritas no Protégé como *Object Properties* e identificadas pelo símbolo “■”, sendo definidas através de um domínio e de valor.

Para o exemplo anterior, de forma a se criar ligação entre o Utente e o Relatório, é criada a relação temRelatório, em que o domínio é a subclasse Utente, e o valor é um elemento da classe Relatório. Do mesmo modo, pode ainda ser definida uma relação inversa, por exemplo pertenceA, em que o domínio é a classe Relatório e o valor um elemento da subclasse Utente.

Já a relação entre uma classe e suas subclasses é automática, isto é, a partir do momento em que se cria uma subclasse está, necessariamente, criada uma relação. Assim, o facto de Utente ser subclasse de Pessoa, significa que todas as propriedades de Pessoa são também propriedades de Utente (o inverso não é verdade). Estas propriedades, que transitam de Pessoa para Utente, estão representadas na figura 4-4 como o sinal “■”.



Figura 4-4 Propriedades e restrições para a classe Utente.

Outra das relações que se pode observar na figura 4-4 é a `foiAtendidoPor`. Regra geral, ao nos deslocarmos aos serviços de saúde, somos atendidos por pessoas diferentes, mesmo que se trate de especialistas. Como tal, esta propriedade estará melhor na classe `Relatório`. Deste modo, por cada consulta há um relatório, onde a cada relatório estará associado o nome de um profissional de saúde.

É este o tipo de raciocínio que faz com que o processo de desenvolvimento de uma ontologia seja um processo iterativo e de certa forma moroso, já que é passível de constantes alterações.

Na definição das propriedades e relações desta e das restantes classes foi seguida a mesma analogia. Assim, e depois de várias revisões da estrutura da ontologia, sempre com o intuito de a tornar mais próxima da realidade, foram definidas as propriedades(a verde) e relações(a azul) que se apresentam na tabela 4-1:

HTA_conceitos	ClassificaçãoPA	Pessoa	Medicação
definição	classificaçãoPA	temApelido	Cui
cui	valorMaxPAD	temGénero	informaçãoAdicional
	valorMaxPAS	temIdade	nomeMedicamento
	valorMinPAD	temNomePróprio	princípioActivo
	valorMinPAS	temRaça	
Utente		Relatório	Profissional_de_saúde
actividadeFisica		informaçãoDoRelatório	passouRelatório
temRelatório		identificaçãoDoRelatório	
tabagismoHábitosAlcoólicos		medicaçãoActual	
temAntecedentesDeHTA		temPAD	
tomaMedicaçãoAdequada		temPAS	
temCondiçãoAdjacente		éRelatórioDe	
temHistorialFamiliarDeHTA		profissionalDeSaúde	
		indicaDoençaAdjacente	

Tabela 4-1 Classes e propriedades do domínio da hipertensão.

Definidas as classes, sua hierarquia e propriedades, o passo seguinte consiste na criação individual de instâncias, ou indivíduos. Este passo, também chamado de população da ontologia, é um processo que se desenrola em três fases:

- escolha da classe a popular.
- criação de uma instância.
- preenchimento dos slots com dados reais.

Seguindo o exemplo anterior, vai-se proceder à criação de um indivíduo na classe *Utente*. Como se pode observar pela figura 4-5, é criada uma instância, cujo nome, por defeito, é *Paciente\_1*.

O passo seguinte consiste no preenchimento dos *slots* associados a esta classe, os mesmos que foram definidos anteriormente, com dados reais. Os slots *tomaMedicaçãoAdequada* e *temCondiçãoAdjacente* são campos que serão preenchidos automaticamente, de acordo com a informação contida no relatório.

É importante também referir que a informação usada para o preenchimento das propriedades desta classe é meramente aleatória, isto é, são dados que foram inventados de modo a se poder testar a ontologia.

O mesmo processo foi seguido na criação de instâncias para as restantes classes do domínio. Na figura 4-6 pode-se observar uma instância da classe *Relatório*.

The screenshot shows the Protégé software interface. On the left is the 'INSTANCES BROWSER' with a tree view showing 'Paciente\_1' as an instance of the class 'Utente'. The main window is the 'INDIVIDUAL EDITOR for Paciente\_1 (instance of Utente)'. It contains a grid of slots for the 'Utente' class. The slots and their values are: 'temNomePróprio' (Manuel), 'temApelido' (Maia), 'temidade' (27), 'temRaça' (empty), 'temGénero' (M), 'atividadeFísica' (Normal), 'temHistorialFamiliarDeHTA' (false), 'tomaMedicaçãoAdequada' (undefined), 'temAntecedentesHTA' (false), 'temRelatório' (Relatório1), 'tabagismoHábitosAlcoólicos' (Não consome bebidas alcoólicas, Não fumador), and 'temCondiçãoAdjacente' (empty). At the bottom, there is a table with columns 'Property', 'Value', and 'Lang'. The first row shows 'rdfs:comment' with an empty value and language.

Property	Value	Lang
rdfs:comment		

Figura 4-5 Instância da classe *Utente* no Protégé.



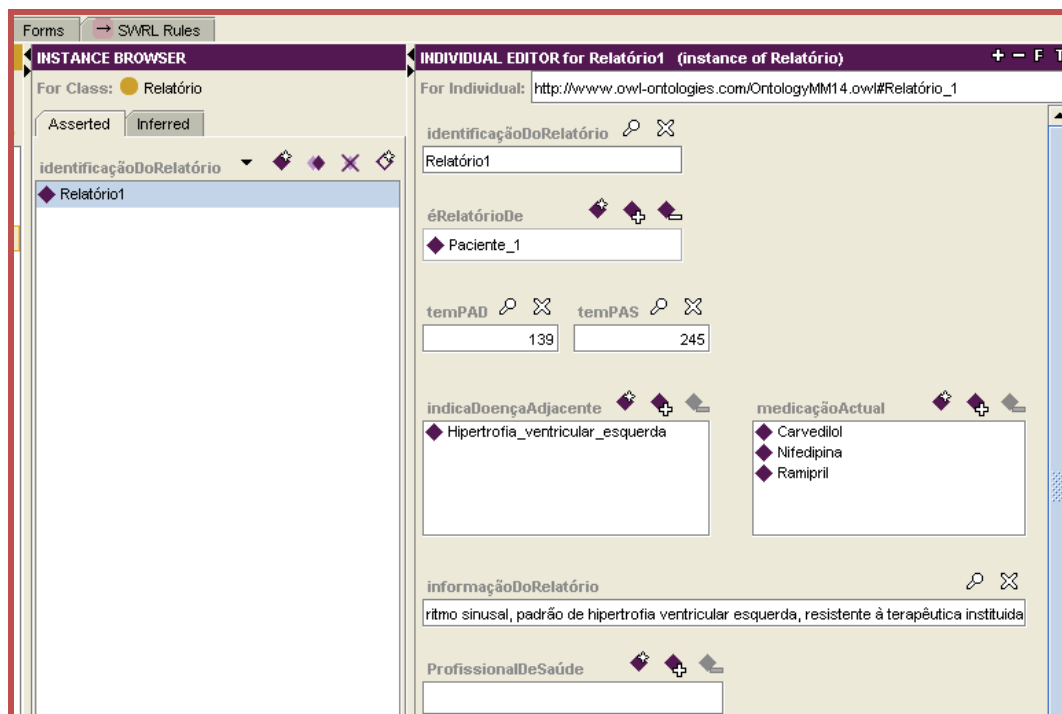


Figura 4-6 Instância da classe Relatório no Protégé.

Findo estes passos ficou-se perante uma primeira versão de uma proposta para uma ontologia de hipertensão. Trata-se de uma proposta que tem como grande base a informação das directrizes.

## 4.2. Realidade versus conhecimento

A versão anteriormente proposta para a ontologia, tem por base as directrizes de hipertensão, ou seja, é uma versão que se baseia no conhecimento adquirido ao longo dos tempos por especialistas da área. Ela aborda o problema de uma forma mais simples e idealista.

Contudo, e de modo a se poder simular a aplicação das directrizes, é necessário fazer uma abordagem mais realista ao problema, isto porque, a informação contida nos episódios clínicos é, na maioria das vezes, insuficiente para o total preenchimento dos campos da ontologia.

Assim foram feitas algumas alterações e, com base na informação contida em episódios clínicos, evoluiu-se a ontologia para uma aproximação mais condizente com a realidade. É importante referir que, uma vez que se trata de um protótipo, é possível que alguns termos médicos aqui usados não estejam classificados da forma mais correcta.

### 4.3. População da ontologia e reestruturação

Com o avançar da ontologia para algo mais geral, e menos virado para a hipertensão, criou-se a ponte necessária para a integração do trabalho da Mestre Liliana Ferreira [34], que consiste na extracção automática de termos específicos de episódios clínicos, para posterior população da ontologia.

Houve assim a necessidade de alterar a estrutura da primeira versão proposta, para deste modo se obter uma estrutura base comum que servisse para testar alguns campos das directrizes de hipertensão.

O esquema de anotação relativo à nova estrutura do protótipo da ontologia é apresentado no anexo 1, onde é, ainda, possível visualizar algumas entidades e a forma como estas se relacionam entre si.

Em relação à estrutura anterior, as principais diferenças estão no aparecimento das classes Exame, Problema, Resultado e Valor, e na alteração do nome da classe Relatório para Episódio.

Na classe Exame constam os vários exames realizados pelo Utente, sejam eles físicos, imagiológicos, laboratoriais, entre outros.

A classe Problema agrega as subclasses Patologia e Sinal\_Sintoma. Aqui constam algumas patologias existentes, como são os casos da HTA, AVC ou Diabetes, bem como sinais e sintomas como a Disartria ou a Marcha Atáxica.

A classe Resultado, como o próprio nome indica, é onde consta o resultado dos exames efectuados, resultado este que poderá estar quantificado num Valor.

A figura 4-7 mostra a hierarquia de classes da estrutura final do protótipo apresentado.



Figura 4-7 Hierarquia de classes do protótipo apresentado.

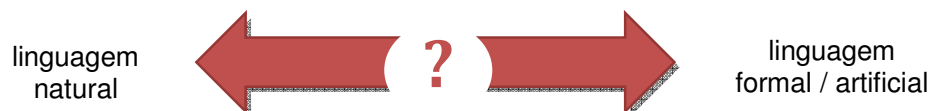


## 5. Questionando a Base de Conhecimento

### 5.1. Procura e selecção do método

Um dos aspectos que se pretende explorar com este trabalho está relacionado com a extracção de informação da ontologia e em tornar essa extracção simples e precisa para o utilizador final. No fundo pretende-se que a ontologia seja capaz de responder a questões como “Qual o número de exames médicos alterados?”, “Quais os utentes que apresentam factores de risco?”, “Quais as doenças mais relevantes que determinado utente apresenta?”, entre outras.

Esta informação está quase sempre descrita em linguagens descritivas, como OWL, que visam facilitar a representação e divulgação dos conteúdos da ontologia. Torna-se, então, necessário o recurso às chamadas linguagens de consulta (*Query Languages*), que são linguagens de computador usadas para realizar consultas em sistemas de conhecimento. Contudo, para pessoas menos entendidas na matéria, uma simples pesquisa pode-se tornar numa árdua e incompreensível tarefa. Da mesma forma, se a linguagem usada pelo utilizador não for uma linguagem cuidada, quer a nível gramatical, quer em termos de ambiguidade, também os computadores terão dificuldade em entender o que lhes é pedido.



Com a necessidade de preencher esta lacuna existente entre sistemas baseados em lógica formal e o utilizador comum, surgiram os interfaces de linguagem natural (NLI), que aceitam como parâmetros de entrada não só palavras-chave, ignorando a ordem pela qual as mesmas são introduzidas, como também frases completas. Contudo os NLI têm o problema da variedade e ambiguidade linguística, o que impõe ao utilizador final um profundo conhecimento de todo o sistema, de modo a conhecer as suas capacidades e possibilidades.

Restringindo a gramática e vocabulário usados pela linguagem natural (NL), surge um novo conceito denominado de linguagem natural controlada (CNL). Tirando partido das CNLs torna-se possível a utilizadores comuns, que não tenham conhecimento de linguagens formais nem grande conhecimento do sistema, a exploração, criação e edição não só de ontologias, como também de sistemas baseados em conhecimento.

Dentro das CNLs, existe uma secção dedicada à consulta de informação, onde surgem ferramentas como o NLP-Reduce, PANTO, Querix e GINSENG, que são editores de ontologias com a finalidade de tornar a procura de informação bastante simples, até mesmo para utilizadores pouco ou nada experientes [35].

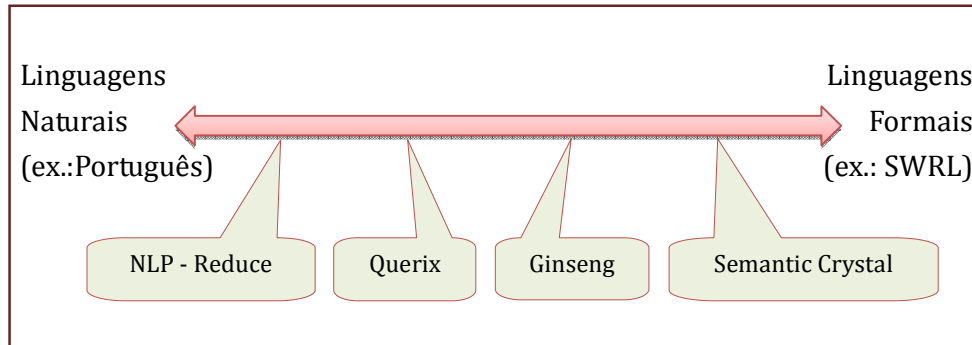


Figura 5-1 Exemplos de CNLs e seu enquadramento.

O uso de uma destas ferramentas seria o ideal, dada a sua simplicidade de utilização por parte de utilizadores menos entendidos na matéria. Trabalhos de pesquisa liderados por Bernstein [36][37][38] demonstram que as pessoas se sentem bastante à-vontade com as NLs e CNLs, fazendo destas linguagens, em especial das CNLs, o caminho a seguir num futuro próximo.

No entanto existem ainda alguns entraves que se colocam à sua utilização. Como se tratam de ferramentas relativamente recentes, algumas ainda não estão disponíveis. Dentro das que estão disponíveis surgem problemas relacionados com a gramática, uma vez que estas só estão disponíveis para o Inglês.

Por estas razões optou-se pelo uso da SQWRL, uma linguagem que apesar de ser mais formal (o que significa ser mais difícil de usar por parte de pessoas menos entendidas em engenharia e em matéria das ontologias), é relativamente fácil de aprender e implementar, em especial nos processos mais básicos.

## 5.2. Aplicando SQWRL ao nosso cenário

A SQWRL (Semantic Query-Enhanced Web Rule Language) é uma linguagem de consulta de informação em ontologias, baseada em SWRL (Semantic Web Rule Language), a qual se pretende que seja uma linguagem padrão para a *Web Semântica*.

A SWRL é baseada na OWL e permite não só a escrita de regras de raciocínio sobre os indivíduos OWL, por parte dos utilizadores, como também a dedução de conhecimento sobre os mesmos indivíduos.

Para se tirar proveito destas linguagens, é necessário activar, no Protégé, o separador *SWRLTab*[39], que fornece um ambiente de desenvolvimento para criar regras SWRL e permite a expansão das funcionalidades do Protégé. Também é necessário instalar um mecanismo que permita a criação e execução das regras SWRL e de consultas SQWRL[43]. Por sugestão da literatura consultada [40], foi usado o motor de inferência Jess [41], que vem integrado no editor SWRLTab. Na figura 5-2 é possível ver o ambiente gráfico do separador *SWRLTab*.

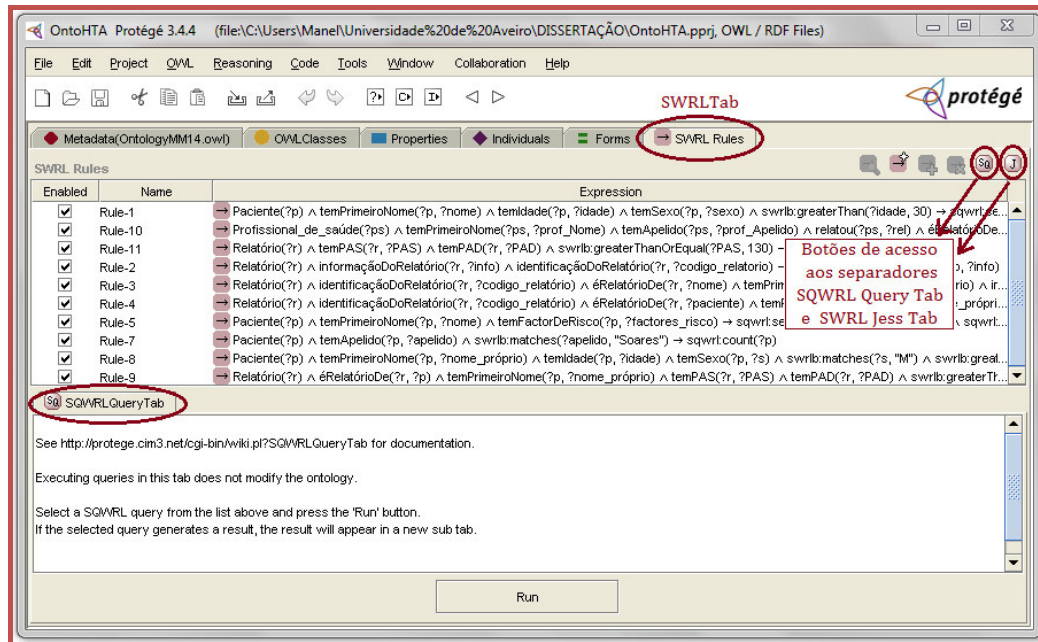


Figura 5-2 Ambiente gráfico do separador SWRLTab.

As regras criadas no separador principal, *SWRL Rules*, são depois executadas no *SQWRL Query Tab*, onde os resultados da consulta são fornecidos como forma de listas (ver exemplo da figura 5-3). Recorrendo ao separador *SWRL Jess Tab*, é possível exportar os resultados para o modelo OWL.

Como já foi referido, a SQWRL é baseada e definida com recurso a regras SWRL. Estas possuem a forma de uma implicação lógica, com um antecedente (chamado de corpo) e um conseqüente (chamado de cabeça):

Antecedente → conseqüente

Um modo de as interpretar pode ser o seguinte: se as condições no antecedente forem válidas, então a condição especificada no conseqüente também o será.

Os exemplos seguintes têm como base de conhecimento a primeira versão da proposta para a ontologia de hipertensão, e a informação contida nas directrizes de hipertensão. A informação relativa aos utentes (neste caso pacientes) não corresponde a nenhum caso real.

A título de exemplo, se um paciente, *p*, tiver PAS superior a 180mmHg, então ele é classificado como tendo hipertensão grau 3 (HTA\_Grau3):

$$\begin{aligned} & Paciente(?p) \wedge temPAS(?p, ?PAS) \wedge swrlb:greaterThan(?PAS, 180) \\ & \rightarrow categoriaPA(?p, HTA\_Grau3) \end{aligned}$$

O comando *greaterThan* faz parte de um conjunto de comandos incorporados na biblioteca do SWRL, chamados de *built-ins*[42], e que são usados nas regras SWRL. O SQWRL serve-se destes para definir um conjunto de operadores que, em conjunto com o antecedente das regras SWRL, serve para substituir o conseqüente por condições que especifiquem a recuperação de informação. O interesse desta abordagem está na possibilidade de se tirar proveito dos editores de SWRL para as consultas, já que os mesmo podem ser usados para gerar e editar questões.

O principal operador SQWRL é o *sqwrl:select*. Servindo-se de um ou mais argumentos, que são normalmente as variáveis usadas na especificação padrão da consulta, é construída uma tabela que tem os argumentos como colunas:

$$\begin{aligned} & Relatório(?r) \wedge temPAS(?r, ?PAS) \wedge éRelatórioDe(?r, ?p) \wedge \\ & temPrimeiroNome(?p, ?Nome\_próprio) \wedge swrlb:greaterThanOrEqual(?PAS, 130) \\ & \rightarrow sqwrl:select(?Nome\_próprio, ?PAS) \end{aligned}$$

Neste exemplo a consulta vai fornecer uma tabela de duas colunas, em que cada linha vai conter o nome próprio de um paciente e o valor da sua PAS, caso se verifique a condição da PAS ser superior ou igual a 130 mmHg.



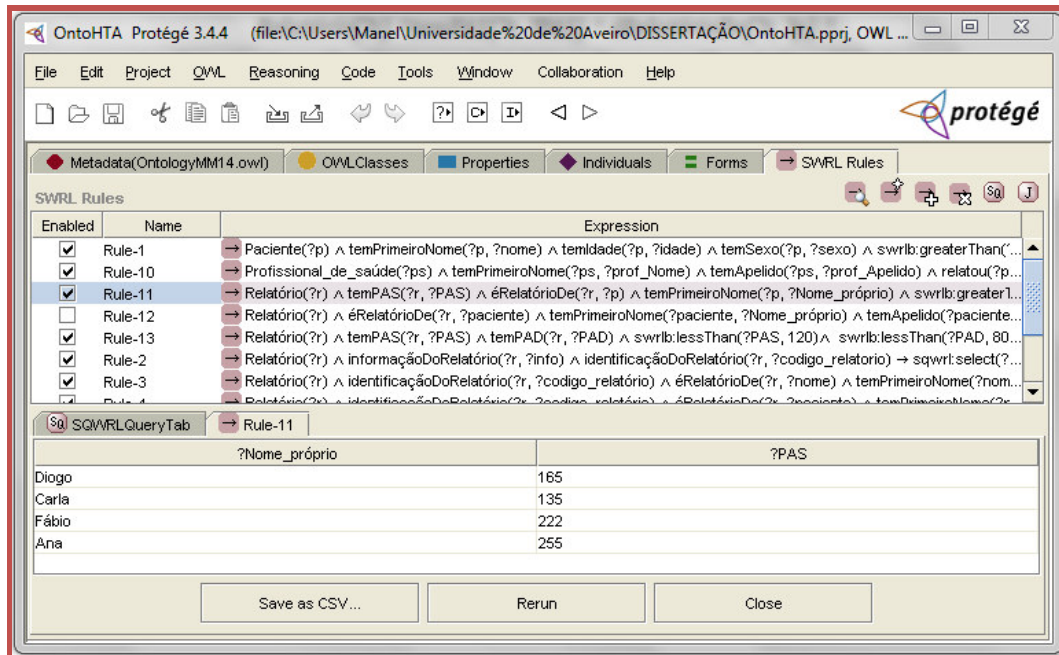


Figura 5-3 Ambiente gráfico do SQWRLQueryTab. Resultado da execução da regra anterior.

Acrescentando o comando *orderBy* ou *orderByDescending* é possível ordenar os resultados de acordo com o parâmetro desejado:

$$\begin{aligned}
 & \text{Relatório}(?r) \wedge \text{temPAS}(?r, ?PAS) \wedge \text{éRelatórioDe}(?r, ?p) \wedge \\
 & \text{temPrimeiroNome}(?p, ?Nome\_próprio) \wedge \text{swrlb:greaterThanOrEqual}(?PAS, 130) \\
 & \rightarrow \text{sqwrl:select}(?Nome\_próprio, ?PAS) \wedge \text{sqwrl:orderBy}(?PAS)
 \end{aligned}$$

### 5.3. Motor de inferência Jess

A inferência é o processo pelo qual se afirma a verdade de uma proposição em decorrência da sua ligação com outras já reconhecidas como verdadeiras. Um simples exemplo disso é: Se todos os homens são pessoas, e o João é um homem, então o João é uma pessoa.

Uma das poucas opções para inferir sobre regras SWRL é o editor SWRLTab do Protégé, que possui a máquina de inferência Jess. Através desta as regras SWRL são traduzidas para regras Jess e a máquina de inferência é usada para fazer a actualização da informação contida no modelo OWL.

A título de exemplo, queremos que o campo correspondente à categoria da PA seja actualizado de acordo com a PA que o paciente apresenta no relatório. Se a PAS e

PAD forem inferiores a 120mmHg e 80mmHg, respectivamente, o campo categoriaPA deve ser preenchido com o valor “Óptima”.

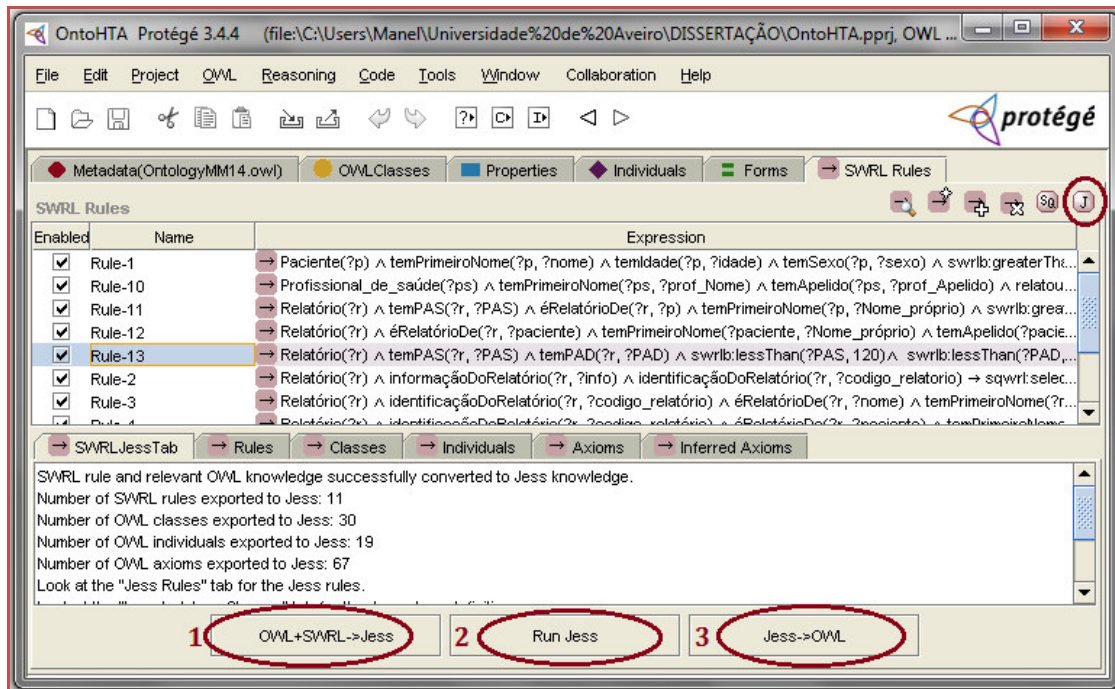
$$\text{Relatório}(\text{?r}) \wedge \text{temPAS}(\text{?r}, \text{?PAS}) \wedge \text{temPAD}(\text{?r}, \text{?PAD}) \wedge \text{swrlb:lessThan}(\text{?PAS}, 120) \wedge \text{swrlb:lessThan}(\text{?PAD}, 80) \rightarrow \text{categoriaPA}(\text{?r}, \text{Óptima})$$


Figura 5-4 Passos para executar as regras SWRL.

Seguindo os passos 1 a 3 descritos na figura 5-4, o campo CategoriaPA será actualizado (figura 5-5) caso a condição anterior se verifique.

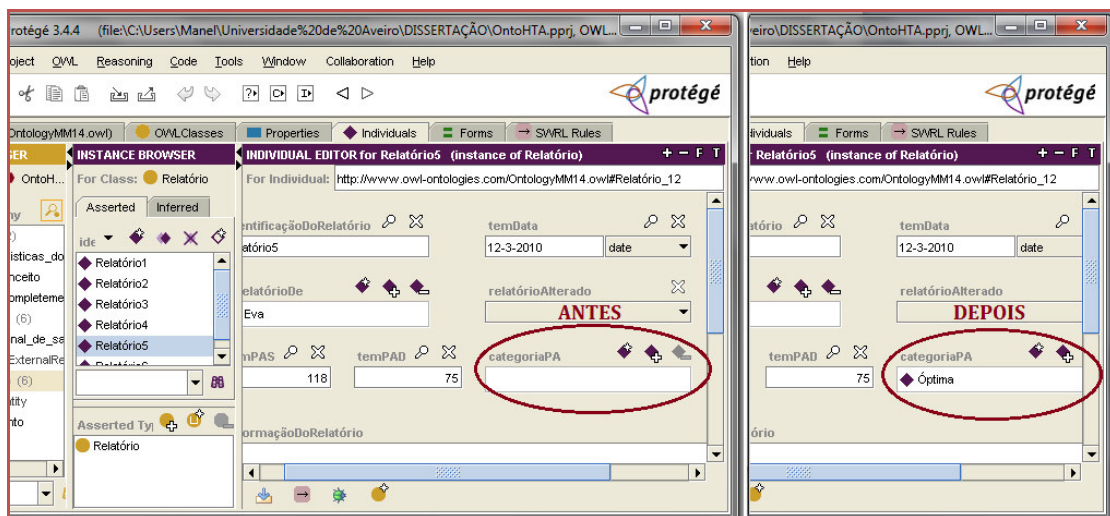


Figura 5-5 Actualização do campo categoriaPA.

## 6. Resultados

### 6.1. Criação de um conjunto de teste

Para se testar o protótipo apresentado, foi criado um conjunto de teste composto por doze episódios clínicos<sup>2</sup>, dos quais dez são reais, e dois deles são fictícios. Os episódios reais são anónimos e fazem parte do trabalho realizado pela Mestre Liliana Ferreira, em 2009. Em nove deles o motivo do internamento é um AVC, sendo que em apenas um consta como motivo de internamento a Hipertensão não controlada.

A criação dos episódios fictícios surgiu da necessidade de se ter mais episódios onde existissem análises laboratoriais, de modo a diversificar a procura de exames alterados. Num dos episódios todos os valores de análises ao sangue estão dentro da normalidade, enquanto no outro todos os valores estão alterados.

Um aspecto a ser levado em conta é o facto da actual estrutura da ontologia não fazer distinção entre as doenças actuais, as doenças associadas ao historial clínico ou as doenças suspeitas. O mesmo se passa em relação à medicação, apesar de a estrutura da ontologia permitir a distinção entre medicação habitual do utente e a medicação prescrita após a alta clínica.

Na tabela 6-1 está a informação dos dois episódios fictícios criados, enquanto na tabela 6-2 está uma breve descrição da informação clínica relevante dos episódios reais que serviram de teste à ontologia. Doenças antecedidas de \* são consideradas doenças adjacentes à hipertensão, de acordo com a tabela 2-6. Do mesmo modo, medicamentos precedidos de \* são medicamentos anti-hipertensivos[29].

Número do Episódio	Exames laboratoriais	Doenças (*adjacentes)	Medicação (*anti-hipertensores)
70126	Hg - 12, Leuc - 9, Ureia - 45, Pla - 300	HTA, Dislipidemia, *Disfunção Renal	*Blopess, *Atacand, *Inibace
70124	Hg - 17, Leuc - 13, Ureia - 60, Creat - 3 Pla - 400, Glic - 100	*AVC, HTA, *HVE	*Atacand, *Nifedipina, *Captopril

Tabela 6-1 Informação dos dois episódios criados para servirem de teste.

<sup>2</sup> A título de exemplo no trabalho de Masters MIT [20], é usado um conjunto de teste de 9 indivíduos.

Número do Episódio	Exames laboratoriais	Doenças (*adjacentes)	Medicação (*anti-hipertensores)
5009402	Hg - 17.2, Leuc - 11.4, Pla - 561, Glic - 93 Ureia - 98, Creat - 1.9	HTA, *AVC	Prinivil, Aspirina, Vastarel, Amoxicilina, *Enalapril, *Furosemida, Lorazepam, Enoxaparina, Ac.Acetilsalicílico, Renitidina
5012025		HTA, *AVC_isquêmico	Amoxicilina, Oxazepam, Ferro, Enoxaparina, Ac.Acetilsalicílico, Ranitidina, Flumazenil, Cristalóides, *Enalapril, *Captopril
6001729	Glic - 205 Ureia - 54, Creat - 1.5	*AVC isquêmico, HTA, Alzheimer, Infecção respiratória, *Insuficiência renal	Diazepam, *Blopress, *Lasix, Ac.Acetilsalicílico, Renitidina, Amiodarona, *Furosemida, *Captopril, Hidroxizina, Bunil, Lactulose, Risperdal, Tromalyt, Claritromicina, Enoxaparina
6002837		*AVC isquêmico, HTA, *DM, Dislipidemia	Gliclazida, *Furosemida, Zocor, Enoxaparina, Ac.Acetilsalicílico, Lanoxin, Metformina, *HCTZ, Ranitidina, Lorenin, Haloperidol, *Nifedipina, Digoxina, Sinvastatina, *Captopril, Tazobac, Paracetamol, Laevolac, Aspirina, Diamicron, Risidon, Triatec
6011545		*AVC isquêmico, Obesidade, Neoplasia da próstata, HTA	Cefradina, Zurim, Plavix, *Lasix, Zaldiar, Primperan, Casodex, *Furosemida, Omeprazol, Enoxaparina, Preterax, Magnesium, Ac.Acetilsalicílico
70122	Hg - 12.9, Leuc - 8.1, Ureia - 69.6, Creat - 1.6 Pla - 298	HTA, *HVE, Hipertrofia miocárdica concêntrica	*Lasix, *Ramipril, *Carvedilol, *Adalat
7012387		Cardiomegalia, *AVC isquêmico, HTA	*Enalapril, Coozar, Esomeprazol, Enoxaparina, Tromalyt, Plavix, Ac.Acetilsalicílico
8011565		HTA, *AVC, Parkinson, Dislipidemia, DPOC	Simpor, Victan, Zinasen, Aeries, Fositen Plus, Tacirel, Akineton, Serevent, Bricanyl, Enoxaparina, Ac.Acetilsalicílico, Ciprofloxacina, *Captopril, Paracetamol, Diazepam, Rosuvastatina, Tromalyt, Ciplox, Esomeprazol
9000413		*AVC isquêmico, Dislipidemia, HTA, *DM	Ac.Acetilsalicílico, Esomeprazol, Tromalyt, *Inibace, Crestor, *Adalat, *Captopril
9001913		*AVC isquêmico, HTA	*Inibace, Esomeprazol, *Adalat, Tromalyt Ac.Acetilsalicílico, Crestor, Enoxaparina,

Tabela 6-2 Informação mais relevante extraída dos episódios reais.

Em relação aos episódios pré-existentes (dados reais), numa primeira fase tentou-se explorar ao máximo toda a informação existente usando anotação automática para população de ontologias, um trabalho efectuado em colaboração com a Mestre Liliana Ferreira, no âmbito do seu doutoramento. Contudo, como nem todos os dados presentes nos episódios clínicos são usados, optou-se por uma população semi-automática, tendo alguns dados sido introduzidos manualmente.

Assim, foram criados doze utentes, aos quais estão associados doze episódios clínicos. Como se pode observar pelo esquema apresentado (anexo 1), cada episódio tem associado a si um conjunto de exames, que indicam resultados, quantificados num valor. Existem, também, problemas associados a cada exame, bem como uma determinada medicação. Foram ainda criadas propriedades em algumas classes, de forma a facilitar a pesquisa de informação. Mais à frente será explicado com mais pormenor o que se fez.

## 6.2. Experiências

De uma forma muito genérica, nas directrizes aparecem condições relacionadas com acontecimentos adjacentes, que de certa forma limitam as opções terapêuticas, em especial no que toca à medicação. Interessa ser possível obter informação de quais os episódios em que cada uma destas condições se verifica, quer em separado quer conjugadas.

A ideia principal deste protótipo é que, por dedução, a ontologia seja capaz de listar exames ou utentes com determinadas características específicas. Os resultados vão assentar em 3 partes diferentes:

- 1) Verificar quais os utentes, ou quais os episódios, em que existem doenças adjacentes que, de acordo com as directrizes de hipertensão, possam ser relevantes para a escolha da terapêutica a efectuar.
- 2) De entre os episódios existentes, verificar quais os que têm exames laboratoriais alterados. Para tal foi criado um conjunto de valores padrão, que para o teste da ontologia, se assumem como os valores normais.
- 3) Verificar a medicação associada a cada utente.

### 6.2.1. Procura de doenças adjacentes

Neste ponto procuram-se doenças que estão descritas como doenças adjacentes, isto é, doenças que, de acordo com as directrizes de hipertensão, possam interferir nas opções terapêuticas (ver tabela 2-7). Como resultado pretende-se demonstrar que é possível listar as doenças adjacentes de acordo com os parâmetros desejados usando a estrutura da ontologia, isto é, sem recurso à utilização dos nomes das doenças. A título de exemplo, para o efeito, foram criadas três regras: a primeira permite a listagem das doenças adjacentes ordenadas por utente; a segunda permite a listagem das doenças adjacentes ordenadas por episódio; a terceira e última permite a listagem do número de doenças adjacentes por episódio.

Na ontologia existe uma classe denominada HTA\_Conceitos, na qual se encontra a subclasse Acontecimentos\_adjacentes. Esta está dividida, e preenchida de acordo com as directrizes, em três subclasses: Acontecimentos\_clínicos, Condições, e Danos\_órgãos-alvo. Em cada uma destas subclasses existem indivíduos, que têm associadas as propriedades Nome e palavrasChave. A tabela 6-3 mostra os indivíduos tomados em consideração para o teste e as palavras-chave escolhidas.

Nome	palavrasChave
Angina_pectoris	Angina
Doença_arterial_periférica	doença_arterial_periférica
Fibrilhação_atrial_permanente	fibrilhação_atrial
Fibrilhação_atrial_recorrente	
Insuficiência_cardíaca	insuficiência_cardíaca
Insuficiência_renal	DREF
Proteinúria	Proteinuria
Pós-AVC	AVC
Pós-enfarte_do_miocárdio	enfarte_miocárdio
Diabetes_mellitus	Mellitus

Tabela 6-3 Lista de doenças e palavras-chave usadas no teste.

O campo palavrasChave tem como objectivo ajudar na pesquisa das denominadas doenças adjacentes. Muito simplesmente a regra vai procurar uma correspondência entre os indivíduos existentes na classe Problema e as palavras-chave atribuídas aos Acontecimentos\_adjacentes. A escolha destas palavras-chave é meramente pessoal e para este teste foram atribuídas palavras listadas na tabela 6-3.

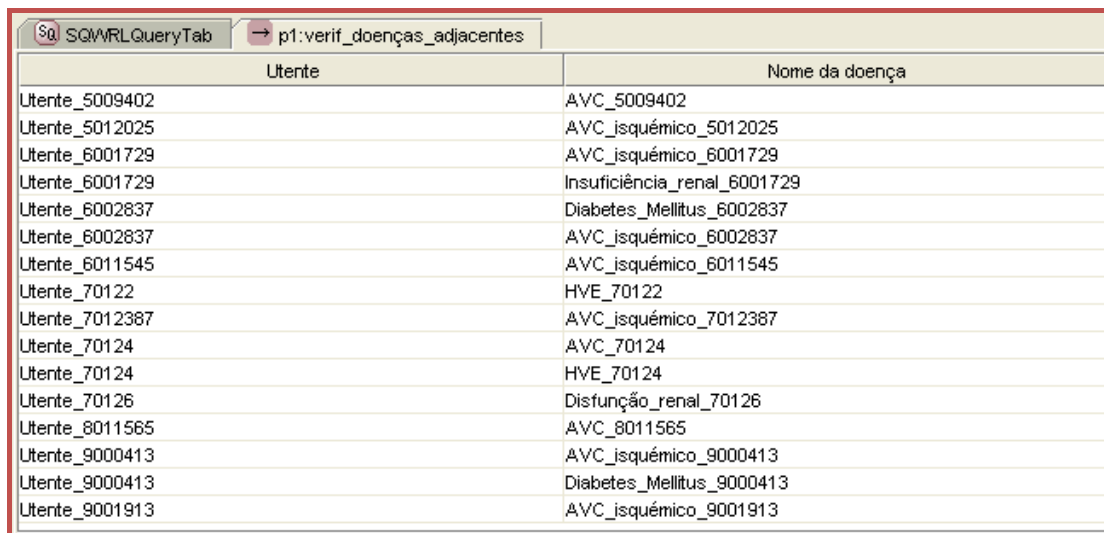
Para se demonstrar que é possível listar as doenças adjacentes ordenadas por utente, uma possível regra foi criada:

Linha	Código SQWRL	Explicação
1	<i>Patologia(?pat) <math>\wedge</math> Nome(?pat, ?nomePat) <math>\wedge</math></i>	Existe um indivíduo da classe Patologia que tem a propriedade Nome
2	<i>Utente(?ut) <math>\wedge</math> númeroUtente(?ut, ?numUt) <math>\wedge</math></i>	Existe um indivíduo da classe Utente que tem um número de utente
3	<i>swrlb:contains(?nomePat, ?numUt) <math>\wedge</math></i>	Verifica se na propriedade Nome, da Patologia, existe o número de utente
4	<i>Acontecimentos_adjacentes(?acontecimento) <math>\wedge</math></i>	Existe um indivíduo da classe Acontecimentos_adjacentes
5	<i>palavrasChave(?acontecimento, ?palChave) <math>\wedge</math></i>	que tem a propriedade palavrasChave
6	<i>swrlb:containsIgnoreCase(?nomePat, ?palChave)</i>	Se no Nome, da patologia, existir a palavra-chave
7	<i><math>\rightarrow</math> sqwrl:select(?numUt, ?nomePat) <math>\wedge</math></i>	Então é criada uma tabela a 2 colunas, onde na primeira está o número do utente, e na segunda o nome da denominada doença adjacente (ou patologia)
8	<i>sqwrl:orderBy(?numUt) <math>\wedge</math></i>	É feita a ordenação dos resultados pelo número de utente
9	<i>sqwrl:columnNames("Utente nº", "Nome da doença")</i>	São atribuídos nomes as duas colunas de resultados

Resumindo, o que este *query* faz é percorrer a propriedade Nome da classe Patologia, e a propriedade palavrasChave da classe Acontecimentos\_adjacentes. De seguida é verificada a consistência entre os indivíduos existentes na classe Patologia e os indivíduos listados nos Acontecimentos\_adjacentes. Se houver correspondência nos campos em questão, então está-se perante uma dita doença adjacente, e é devolvida a condição que o utilizador desejar.



Como se pode verificar pela figura 6-1, a regra foi modelada para se apresentar uma tabela com duas colunas, onde na primeira coluna estão os números dos utentes e na segunda os nomes das doenças adjacentes que constam nos episódios de cada um deles.

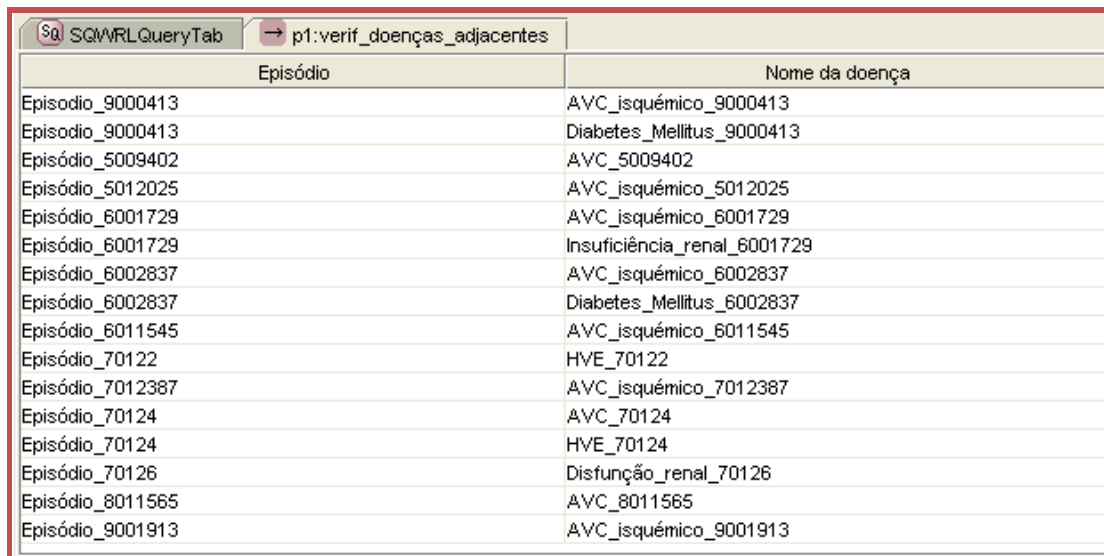


The screenshot shows a window titled 'SQWRLQueryTab' with a query 'p1:verif\_doenças\_adjacentes'. The table has two columns: 'Utente' and 'Nome da doença'. The data is as follows:

Utente	Nome da doença
Utente_5009402	AVC_5009402
Utente_5012025	AVC_isquémico_5012025
Utente_6001729	AVC_isquémico_6001729
Utente_6001729	Insuficiência_renal_6001729
Utente_6002837	Diabetes_Mellitus_6002837
Utente_6002837	AVC_isquémico_6002837
Utente_6011545	AVC_isquémico_6011545
Utente_70122	HVE_70122
Utente_7012387	AVC_isquémico_7012387
Utente_70124	AVC_70124
Utente_70124	HVE_70124
Utente_70126	Disfunção_renal_70126
Utente_8011565	AVC_8011565
Utente_9000413	AVC_isquémico_9000413
Utente_9000413	Diabetes_Mellitus_9000413
Utente_9001913	AVC_isquémico_9001913

Figura 6-1 Tabela das doenças adjacentes por utente.

A mesma regra pode ser ajustada para permitir a listagem das doenças adjacentes por episódio. Para tal basta alterar, no código descrito acima, as linhas 2, 3, 7, 8 e 9, substituindo tudo o que diz respeito a *Utente* por *Episódio* e *númeroUtente* por *númeroEpisódio*. Na figura 6-2 pode-se observar a listagem das doenças adjacentes.



The screenshot shows a window titled 'SQWRLQueryTab' with a query 'p1:verif\_doenças\_adjacentes'. The table has two columns: 'Episódio' and 'Nome da doença'. The data is as follows:

Episódio	Nome da doença
Episodio_9000413	AVC_isquémico_9000413
Episodio_9000413	Diabetes_Mellitus_9000413
Episódio_5009402	AVC_5009402
Episódio_5012025	AVC_isquémico_5012025
Episódio_6001729	AVC_isquémico_6001729
Episódio_6001729	Insuficiência_renal_6001729
Episódio_6002837	AVC_isquémico_6002837
Episódio_6002837	Diabetes_Mellitus_6002837
Episódio_6011545	AVC_isquémico_6011545
Episódio_70122	HVE_70122
Episódio_7012387	AVC_isquémico_7012387
Episódio_70124	AVC_70124
Episódio_70124	HVE_70124
Episódio_70126	Disfunção_renal_70126
Episódio_8011565	AVC_8011565
Episódio_9001913	AVC_isquémico_9001913

Figura 6-2 Tabela das doenças adjacentes por episódio.

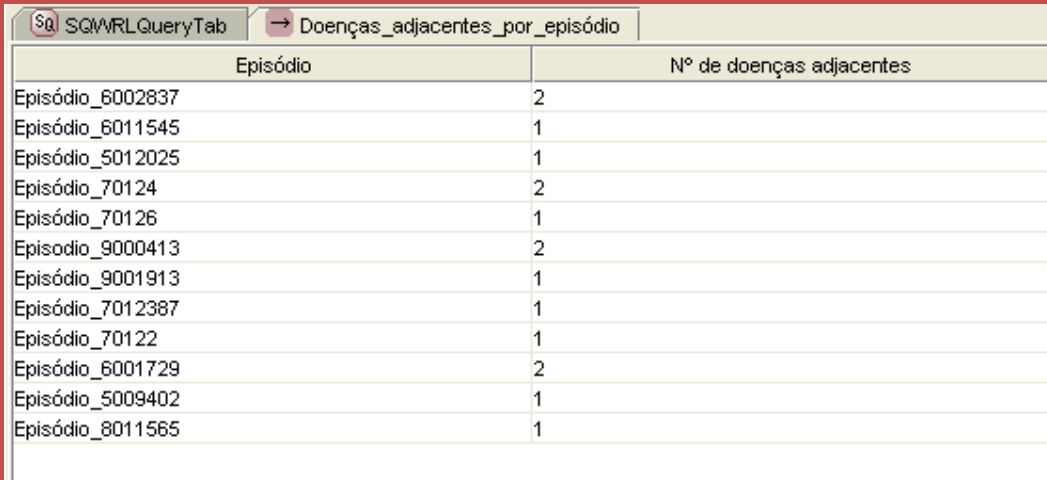


Em alguns casos pode não interessar saber quais as doenças que existem em determinado episódio, mas sim quantas existem, e agrupar as mesmas por episódio, ou até mesmo por utente.

O raciocínio é em tudo idêntico ao dos casos anteriores, com a alteração mais relevante a ser a introdução do contador: *count*. Aqui, depois de seleccionados os episódios em que existem as chamadas doenças adjacentes, é feita uma contagem das mesmas.

... ..  
 → *sqwrl:select(?ep) ∧ sqwrl:count(?nomePat) ∧*  
*sqwrl:columnNames("Episódio", "Nº de acontecimentos adjacentes")*

Na figura 6-3 observa-se o número de doenças adjacentes por episódio.



Episódio	Nº de doenças adjacentes
Episódio_6002837	2
Episódio_6011545	1
Episódio_5012025	1
Episódio_70124	2
Episódio_70126	1
Episódio_9000413	2
Episódio_9001913	1
Episódio_7012387	1
Episódio_70122	1
Episódio_6001729	2
Episódio_5009402	1
Episódio_8011565	1

Figura 6-3 Tabela do número de doenças adjacentes por episódio.

Confrontando os resultados obtidos neste ponto, 6.2.1., com os dados das tabelas 6-1 e 6-2, pode-se verificar que a informação coincide, o que demonstra o correcto funcionamento do sistema.

## 6.2.2. Procura de exames laboratoriais alterados

Com este teste pretende-se demonstrar que é possível procurar exames cujos valores das análises laboratoriais estejam alterados, isto é, não coincidam com os valores

padrão. A título de exemplo foram considerados apenas seis tipos de exames laboratoriais: creatinina, glucose, hemoglobina, leucócitos, plaquetas e ureia.

Para tornar esta consulta viável, foi necessário criar um conjunto de valores padrão que, para este caso se vão assumir como os valores normais dos exames laboratoriais em causa (tabela 6-4). Estes valores, apesar de não corresponderem aos valores reais padrão, também não foram totalmente inventados. Na verdade pegou-se nos valores que acompanham as vulgares análises clínicas e ajustaram-se às unidades, de modo a evitar confusões com casas decimais.

Exame laboratorial	Valores normais
Creatinina	1-2
Glucose	70-110
Hemoglobina	11-15
Leucócitos	4-11
Plaquetas	150-500
Ureia	0-50

Tabela 6-4 Valores dos exames laboratoriais definidos como valores padrão.

Tal como nas procuras do ponto anterior, 6.1.1., houve a necessidade da introdução de uma propriedade (termoPreferido) que ajudasse na consulta da informação. De seguida é apresentada uma possível regra que permite a listagem dos exames em que os valores estão fora dos padrões normais.

Este primeiro trecho de código permite seleccionar os exames ao sangue e adquirido o seu valor.

$$\begin{aligned} & \text{Episódio}(?ep) \wedge \text{númeroEpisódio}(?ep, ?numEp) \wedge \\ & \text{Sangue}(?exSangue) \wedge \text{Nome}(?exSangue, ?nomeExameSangue) \wedge \\ & \text{swrlb:contains}(?nomeExameSangue, ?numEp) \wedge \\ & \text{indica}(?exSangue, ?result) \wedge \text{quantificado}(?result, ?quant) \wedge \text{valor}(?quant, ?val) \end{aligned}$$

Depois é verificado, na classe Valores\_padrão, se existem valores padrão para os exames ao sangue:

$$\begin{aligned} & \text{Valores\_padrão}(?valPadrão) \wedge \\ & \text{termoPreferido}(?valPadrão, ?terPreValPadrão) \wedge \\ & \text{swrlb:containsIgnoreCase}(?nomeExameSangue, ?terPreValPadrão) \wedge \end{aligned}$$

São verificados os valores máximo e mínimo permitidos para os exames em questão:

$\wedge \text{valorMinimo}(\text{?valPadr\~ao}, \text{?valMin}) \wedge \text{valorM\~aximo}(\text{?valPadr\~ao}, \text{?valMax})$  °

E é criado um conjunto, b1, com todos os exames ao sangue:

$\text{sqwrl:makeSet}(\text{?b1}, \text{?exSangue}) \wedge$

É testada a condição que verifica se o valor do exame está dentro dos padrões normais:

$\text{swrlb:greaterThanOrEqual}(\text{?val}, \text{?valMin}) \wedge \text{swrlb:lessThanOrEqual}(\text{?val}, \text{?valMax})$

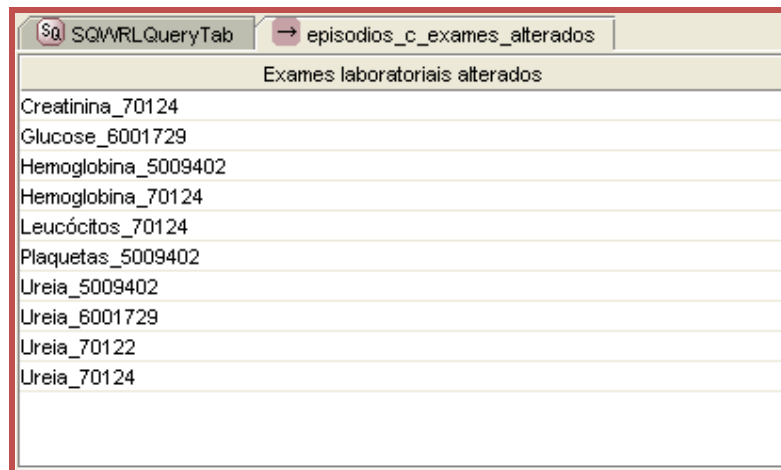
E é criado um conjunto, b2, com todos os exames que verifiquem a condição anterior, ou seja, estejam dentro da normalidade:

$\wedge \text{sqwrl:makeSet}(\text{?b2}, \text{?exSangue})$  °

Da diferença entre os conjuntos b1 e b2, sai um novo conjunto, b3, que contém os exames alterados. A listagem dos seus elementos permite saber quais são esses exames:

$\text{sqwrl:difference}(\text{?b3}, \text{?b1}, \text{?b2}) \wedge \text{sqwrl:element}(\text{?el}, \text{?b3})$   
 $\rightarrow \text{sqwrl:select}(\text{?el}) \wedge \text{sqwrl:columnNames}(\text{"Exames laboratoriais alterados"})$

A figura 6-4 representa o resultado obtido após a execução da regra anterior.



Exames laboratoriais alterados
Creatinina_70124
Glucose_6001729
Hemoglobina_5009402
Hemoglobina_70124
Leucócitos_70124
Plaquetas_5009402
Ureia_5009402
Ureia_6001729
Ureia_70122
Ureia_70124

Figura 6-4 Resultado dos exames laboratoriais alterados.

Comparando os valores dos exames laboratoriais descritos nas tabelas 6-1 e 6-2, com os valores tomados como padrão descritos na tabela 6-3, pode-se concluir que os resultados apresentados pelo sistema vão de encontro ao esperado.

### 6.2.3. Procura de medicação específica

O último aspecto que se pretende explorar nesta experiência é o da medicação. Aqui apresenta-se um exemplo bem simples de como se listar, de entre a medicação prescrita aos utentes, os medicamentos do grupo farmacológico dos Anti-hipertensores.

```

Utente(?ut) ∧ númeroUtente(?ut, ?numUt) ∧ Anti-hipertensores(?med) ∧
temNome(?med, ?nomeMed) ∧ swrlb:contains(?nomeMed, ?numUt) °
sqwrl:makeSet(?s1, ?nomeMed) ∧ sqwrl:groupBy(?s1, ?ut) →
sqwrl:select(?ut, ?nomeMed) ∧ sqwrl:columnNames("Utente", "Anti-hipertensor")

```

SQWRLQueryTab → antiHipertensores_por_utente	
Utente	Anti-hipertensor
Utente_5009402	Enalapril_5009402
Utente_5009402	Furosemida_5009402
Utente_5012025	Captopril_5012025
Utente_5012025	Enalapril_5012025
Utente_6001729	Blopress_6001729
Utente_6001729	Captopril_6001729
Utente_6001729	Furosemida_6001729
Utente_6001729	Lasix_6001729
Utente_6002837	Captopril_6002837
Utente_6002837	Furosemida_6002837
Utente_6002837	Hidroclorotiazida_6002837
Utente_6002837	Nifedipina_6002837
Utente_6011545	Furosemida_6011545
Utente_6011545	Lasix_6011545
Utente_70122	Adalat_CR30_70122
Utente_70122	Carvedilol_25_70122
Utente_70122	Lasix_40_70122
Utente_70122	Ramipril_10_70122
Utente_7012387	Enalapril_7012387
Utente_70124	Atacand_70124
Utente_70124	Captopril_70124
Utente_70124	Nifedipina_70124
Utente_70126	Atacand_70126
Utente_70126	Blopress_70126
Utente_70126	Inibace_70126
Utente_8011565	Captopril_8011565
Utente_9000413	Adalat_CR30_9000413
Utente_9000413	Captopril_9000413
Utente_9000413	Inibace_9000413
Utente_9001913	Adalat_CR30_9001913
Utente_9001913	Inibace_9001913

Figura 6-5 Listagem dos Anti-hipertensores por Utente.

Adicionando o comando *count*, é possível listar o número de medicamentos anti-hipertensivos que estão associados a cada utente.



The screenshot shows a SQL query result window with a tab titled 'antiHipertensores\_por\_utente'. The table has two columns: 'Utente' and 'Número de anti-hipertensores'. The data is as follows:

Utente	Número de anti-hipertensores
Utente_70122	4
Utente_9001913	2
Utente_70126	3
Utente_8011565	1
Utente_70124	3
Utente_5009402	2
Utente_7012387	1
Utente_6001729	4
Utente_9000413	3
Utente_5012025	2
Utente_6011545	2
Utente_6002837	4

Figura 6-6 Número de Anti-hipertensores por Utente.

Cruzando os dados da figura 6-5, onde são listados os anti-hipertensores por utente, com os dados da figura 6-6, onde está o número de anti-hipertensores que cada utente toma, pode-se verificar que os valores obtidos coincidem.



## 7. Conclusões

Comparando os objectivos propostos no início do trabalho, com os resultados obtidos, pode-se afirmar que o balanço final é positivo.

O objectivo do desenvolvimento e teste de uma estrutura capaz de servir de ponto de suporte à decisão médica foi conseguido. Não se está perante um sistema completo, nem acabado, mas a estrutura base existe e permite a procura de informação na ontologia, de uma forma semântica.

### 7.1. Resumo do trabalho efectuado

Este trabalho contou com seis fases distintas, todas elas importantes para o objectivo final.

A primeira fase consistiu na procura da informação teórica sobre os dois principais assuntos abordados: a hipertensão e as ontologias. Para tal foi consultado um leque diversificado de literatura, que permitiu a aquisição de conhecimento acerca das áreas em estudo. Para o caso da hipertensão recorreu-se à consulta de livros técnicos da área, ao contacto directo com profissionais de saúde e à consulta de directrizes. Isto permitiu adquirir um maior conhecimento sobre esta doença, e desta forma estruturar de um melhor modo a ontologia. Acerca do tema das ontologias foram consultados diversos trabalhos que abordam este assunto, estando os mesmos referenciados na bibliografia.

Na segunda fase procurou-se informação acerca dos métodos e ferramentas usados no desenvolvimento de ontologias. Esta foi uma etapa dispendiosa, que culminou com a escolha da ferramenta Protégé e do Método 101. Afim de uma melhor ambientação e conhecimento sobre esta ferramenta, foram explorados diversos trabalhos não só na área das ciências médicas, como também noutras áreas.

Durante a terceira fase foi realizada uma primeira estruturação do conhecimento, com recurso ao Protégé, assente maioritariamente nas directrizes de hipertensão. Ao longo deste processo foi ainda dispendido algum tempo na procura de informação sobre medicamentos, através do Índice Nacional Terapêutico, de forma a conhecer e identificar a terapêutica anti-hipertensiva.

A quarta fase do trabalho consistiu na pesquisa de linguagens de consulta (*query languages*), dado que estas permitem facilitar a procura de informação na ontologia. Foi dada especial atenção às NLs e às CNLs, uma vez que estas são uma poderosa ferramenta, porque facilitam a utilização de sistemas de conhecimento, baseados em lógica formal, por parte de utilizadores menos experientes. Por se tratarem de ferramentas recentes, muitas não estão ainda disponíveis, e de entre as que estão, surgem problemas relacionados com a gramática, uma vez que estas só estão disponíveis para o Inglês. Dado a isto, seleccionou-se a SQWRL como linguagem de consulta a usar.

Na quinta fase do trabalho realizaram-se constantes reestruturações da ontologia, na tentativa de a conjugar com o trabalho que está a ser desenvolvido pela Mestre Liliana Ferreira (colaboradora na orientação deste trabalho). Dada a natural divergência de objectivos, esta acabou por ser uma tarefa complicada, tendo sido dispendido bastante tempo, ainda para mais quando se é novo na área das ontologias.

Na última fase do trabalho populou-se a ontologia e partiu-se para a busca de resultados. Apesar da conjugação com o trabalho da Mestre Liliana, esta tarefa acabou por ser bastante morosa, dado que houve a necessidade de introduzir alguns dados manualmente. Após a população e teste da ontologia, foram retirados e apresentados resultados, e o trabalho foi dado por concluído.

## 7.2. Principais resultados

Um dos primeiros resultados alcançados foi a capacidade de mapear as condições presentes nas directrizes de HTA, obtendo-se uma primeira proposta para uma ontologia. Contudo, apesar de esta cumprir minimamente com os requisitos presentes nas directrizes, a sua estrutura não ia ao encontro do pretendido, dado que a informação presente nos episódios clínicos era insuficiente para o preenchimento dos campos apresentados. Para além disso, ao longo deste trabalho foi-se percebendo que é mais importante realçar o enorme potencial deste tipo de sistemas, do que demonstrar o correcto mapeamento das directrizes ou a sua aplicação. Estes sistemas permitem a criação, organização e manuseamento de bases de conhecimento, e têm a capacidade de representar episódios clínicos de forma simples, oferecendo condições para a procura de informação de uma forma semântica.

Surgiu assim a necessidade de reestruturar a ontologia, alcançando-se um dos principais resultados: a proposta de uma estrutura prática da ontologia, que permite a



integração de outro tipo de informação clínica que não esteja directamente ligada com a HTA. Este resultado acaba por apresentar uma maior relevância, pelo facto de ter sido realizado em conjunto com a Mestre Liliana Ferreira no âmbito do seu doutoramento.

### 7.3. Sugestões de Continuação

Um dos aspectos que sempre foi considerado ao longo do trabalho foi o facto de o desenvolvimento de uma ontologia ser um processo contínuo, isto é, a ontologia está em constante crescimento e evolução. Como tal sugere-se que esta seja reformulada, revista e aprimorada, de forma a ser cada vez mais completa. Este é um ponto importante, uma vez que os termos e conceitos médicos, ou seja, o conhecimento está em constante crescimento.

Seria, também, interessante explorar a procura de resultados combinando regras SWRL, isto é, por exemplo, procurar informação de utentes cujos exames se encontram com valores alterados e que estão a ser medicados com medicamentos do grupo dos anti-hipertensores.

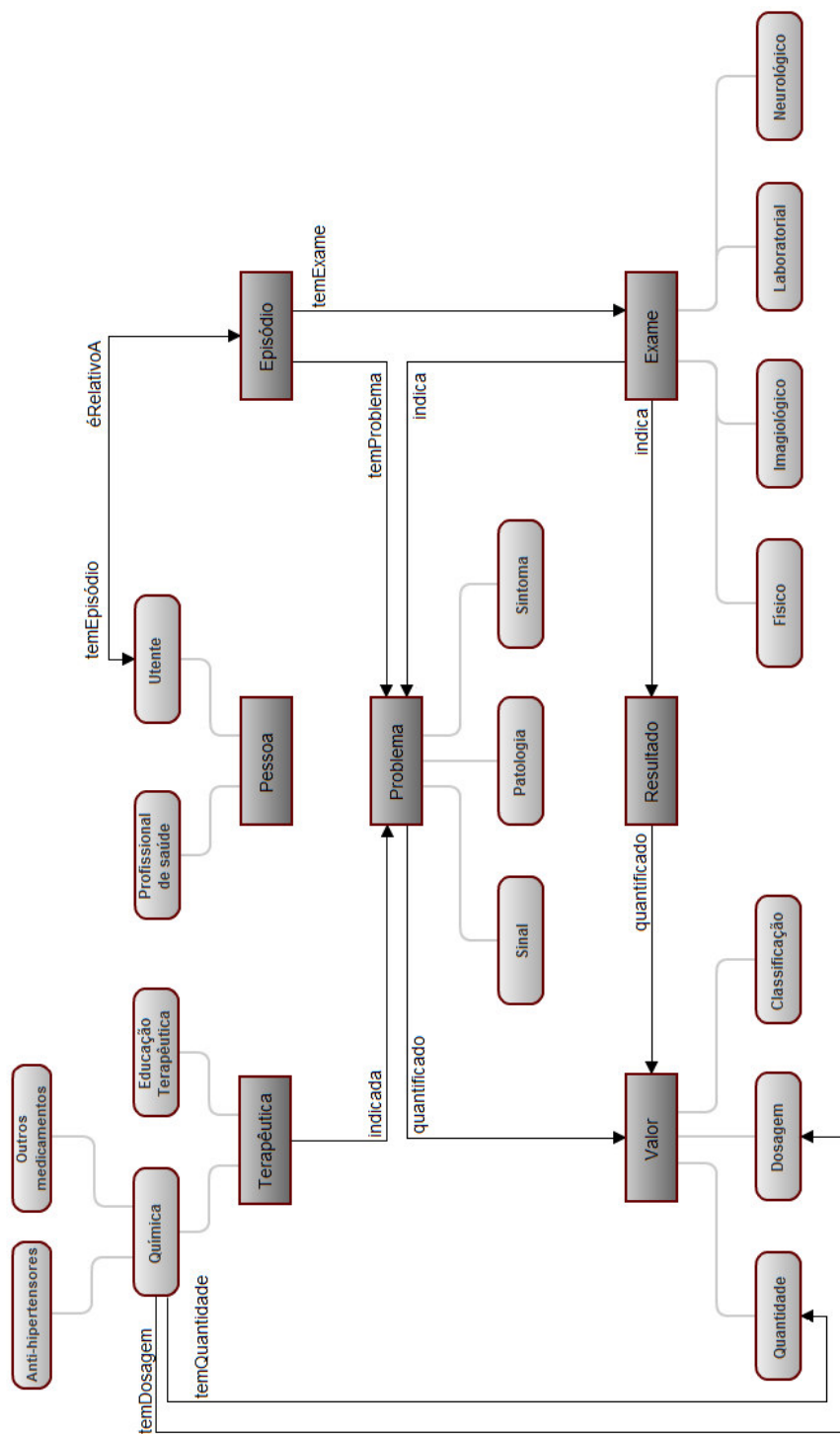
Outra das potencialidades destes sistemas relaciona-se com a possível integração de outras ontologias. Assim, a integração, por exemplo, de uma base de dados de medicamentos seria uma mais valia para este tipo de sistema de conhecimento.

Por último, a exploração do tema das Linguagens Naturais em trabalhos futuros seria um interessante caminho a seguir, uma vez que iria permitir a utilização e actualização da ontologia, por parte de pessoas menos entendidas em programação.



# Anexos

Anexo 1. Esquema de anotação relativo à estrutura final do protótipo da ontologia.





## Bibliografia

- [1]. WIKI DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE. Utilização do Protégé para definição de ontologias médicas. [Online]. Último acesso em Abril de 2010. Disponível em URL: [http://mimwiki.med.up.pt/index.php/Utiliza%C3%A7%C3%A3o\\_do\\_Prot%C3%A9g%C3%A9\\_para\\_defini%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_ontologias\\_m%C3%A9dicas](http://mimwiki.med.up.pt/index.php/Utiliza%C3%A7%C3%A3o_do_Prot%C3%A9g%C3%A9_para_defini%C3%A7%C3%A3o_de_ontologias_m%C3%A9dicas)
- [2]. GUARINO, Nicola. *Formal Ontology and Information Systems*, Comunicação apresentada na Conferência Internacional da FOIS, Junho, Trento, Itália 1998.
- [3]. GRUBER, Thomas R. *A Translation Approach to Portable Ontology Specifications*, 1993. Disponível em URL: <http://tomgruber.org/writing/ontolingua-kaj-1993.pdf>
- [4]. CARNEIRO, Raquel E.; BRITO, Parcilene F. *Definição de uma Ontologia em OWL para Representação de Conteúdos Educacionais*, Comunicação apresentada no VII encontro de estudantes de informática do estado do Tocantins, Palmas, Brasil, 2005.
- [5]. WIKIPÉDIA. *Ontologia (ciência da computação)*. [Online]. Disponível em URL: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ontologia\\_\(ci%C3%Aancia\\_da\\_computa%C3%A7%C3%A3o\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ontologia_(ci%C3%Aancia_da_computa%C3%A7%C3%A3o)). Último acesso em Junho de 2010.
- [6]. ALMEIDA, Mauricio B.; BAX, Marcello P. *Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção*, «Ciência da Informação», ISSN 0100-1965. 32:3 (2003). Disponível em URL: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652003000300002&script=sci\\_arttext&tling=es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652003000300002&script=sci_arttext&tling=es)
- [7]. SILVA, Daniela; SOUZA, Renato; ALMEIDA, Mauricio. *Comparação de metodologias para a construção de ontologias e vocabulários controlados*, Comunicação apresentada no Seminário de Pesquisa em Ontologia no Brasil, Rio de Janeiro, Brasil, 2008.
- [8]. JONES, Dean; BENCH-CAPON, Trevor; VISSER, Pepijn. *Methodologies for ontology development*, IFIP 1998.
- [9]. GRUBER, Thomas R. *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*, «International Journal Human-Computer Studies», 43 pp. 907-928. Revisão substancial do paper apresentado no Workshop Internacional em Ontologias Formais, Março, Padova, Itália, 1993. Disponível em URL: <http://tomgruber.org/writing/onto-design.pdf>

- [10]. USCHOLD, Mike; GRUNINGER, Michael. *ONTOLOGIES: Principles, Methods and Applications*. To appear in Knowledge Engineering Review, Volume 11, Number 2, June 1996. pp. 14-18.
- [11]. FERNANDEZ, M.; GOMEZ-PEREZ, A.; JURISTO, N. *METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering*. Laboratório de Inteligência Artificial, Faculdade de informática, Universidade Politécnica de Madrid, Campus de Montegancedo, Boadilla del Monte, Madrid, Espanha, 1997. Disponível em URL: <http://www.aaai.org/Papers/Symposia/Spring/1997/SS-97-06/SS97-06-005.pdf>
- [12]. NOY, Natalya F.; MCGUINNESS, Deborah L. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Stanford University, Stanford, CA, 94305, 2001. Disponível em URL: [http://www.ksl.stanford.edu/KSL\\_Abstracts/KSL-01-05.html](http://www.ksl.stanford.edu/KSL_Abstracts/KSL-01-05.html)
- [13]. KNOWLEDGE BASED SYSTEMS, INC. Integrated Definition Methods. [Online] Disponível em URL: [www.idef.com](http://www.idef.com). Último acesso em Janeiro de 2010.
- [14]. CORCHO, Oscar; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, Mariano; GÓMEZ-PÉREZ, Asunción. *Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point?*. Faculdade de informática, Universidade Politécnica de Madrid, Campus de Montegancedo, Boadilla del Monte, Madrid, Espanha, 2001.
- [15]. KNOWLEDGE SYSTEMS, AI LABORATORY. KSL Ontology Server Projects. [Online] Disponível em URL: <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/ontology-server-projects.html>. Último acesso em Janeiro de 2010
- [16]. KALOGLOU, Yannis [et al.]. *myPlanet: an ontology-driven Web-based personalized news service*. KMI-TR-102, Fevereiro 2001. [Online] Disponível em URL: <http://eprints.ecs.soton.ac.uk/10530/1/kmi-tr-102.pdf>
- [17]. THE OPEN BIOLOGICAL AND BIOMEDICAL ONTOLOGIES. [Online] Disponível em URL: <http://www.obofoundry.org/>. Último acesso em Março de 2010.
- [18]. INFECTIOUS DISEASE ONTOLOGY. [Online] Disponível em URL: <http://www.infectiousdiseaseontology.org/Home.html>. Último acesso em Março de 2010.
- [19]. BROEKSTRA, Jeen [et al.]. *The Drug Ontology Project for Elsevier*. An RDF Architecture Enabling Thesaurus-Driven Data Integration, 2004. [Online] Disponível em URL: <http://www.few.vu.nl/~frankh/postscript/WWW-WS04.pdf>. Último acesso em Maio de 2010.

- [20]. ZECACAGNINI, Davide. *Design of a Goal Ontology for Medical Decision-Support*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Saúde, Ciências e Tecnologia do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, 2005.
- [21]. SALEM, Abdel-Badeeh; ALFONSE, Marco. *Building Web-Based Lung Cancer Ontology*. «International Journal of Soft Computing Applications» ISSN: 1453-2277 Issue 2 (2008), pp.5-14. [Online] Disponível em URL: <http://www.eurojournals.com/ijscsa%202.pdf#page=5>
- [22]. BIOMEDICAL INFORMATICS RESEARCH NETWORK. Ontology Resources – SNOMED. [Online] Disponível em URL: <http://nbirn.net/research/ontology/snomed.shtml>
- [23]. HEARTFAID. Heart failure ontology. [Online] Disponível em URL: <http://lis.irb.hr/heartfaid/ontology/>. Último acesso em Março de 2010.
- [24]. POLÓNIA, Jorge; CARMONA, José; SAAVEDRA, João. *A Hipertensão Arterial na prática clínica*, Cortex, 2006.
- [25]. SOCIEDADE PORTUGUESA DE HIPERTENSÃO. Notícias diárias do 3º Congresso Português de Hipertensão. [Online] Disponível em URL: [http://www.sphta.org.pt/pdf/3congresso\\_noticiasdiarias\\_day14.pdf](http://www.sphta.org.pt/pdf/3congresso_noticiasdiarias_day14.pdf)
- [26]. POTTER, Patricia A.; PERRY, Ana G. - Conceitos e procedimentos. In: *Fundamentos de Enfermagem*. Lusociência, 5ª edição, 2006.
- [27]. MANCIA, Giuseppe [et al.]. *2007 Guidelines for the management of arterial hypertension - The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and the European Society of Cardiology (ESC)*. «European Heart Journal» 28: (2007) pp. 1462 – 1536.
- [28]. Directrizes de Hipertensão, Biosáude, 2008.
- [29]. Índice Nacional Terapêutico, TUPAM editores, 1º semestre, 2010.
- [30]. MAREK, Jane; PHIPPS, Wilma; SANDS, Judith. *Intervenção Junto de Pessoas com Problemas Vasculares*. In: «Enfermagem Médico-Cirúrgica: Conceitos e Prática Clínica», 6ª Edição, Loures: Lusociência, 2003. pp. 847-89.
- [31]. PROTÉGÉ ONTOLOGIES LIBRARY. [Online]. Disponível em URL: <http://protege.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?ProtegeOntologiesLibrary>. Último acesso em Maio de 2010.

- [32]. PROTÉGÉ. Overview. [Online] Disponível em URL: <http://protege.stanford.edu/overview/index.html>. Último acesso em Maio de 2010.
- [33]. WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. OWL Web Ontology Language Overview. W3C Recommendation 10 February 2004. [Online] Disponível em URL: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
- [34]. FERREIRA, Liliana [et al.]. *Extracção de Informação de Relatórios Médicos*, Linguamática, Revista para o Processamento Automático das Línguas Ibéricas, vol. 1, n1, 89-101, Maio 2009.
- [35]. SMART, Paul. *Controlled Natural Languages and the Semantic Web*. School of Electronics and Computer Science, University of Southampton, Southampton, United Kingdom, 2008.
- [36]. BERNSTEIN, Abraham [et al.]. *Querying Ontologies: A Controlled English Interface for End-users*. University of Zurich, Department of Informatics, Zurich, Switzerland, 2005. Disponível em URL: [http://www.inf.unibz.it/~bernardi/Papers/BernsteinEtAl\\_ISWC2005.pdf](http://www.inf.unibz.it/~bernardi/Papers/BernsteinEtAl_ISWC2005.pdf)
- [37]. BERNSTEIN, Abraham; KAUFMANN, Esther; KAISER, Christian. *Querying the Semantic Web with Ginseng: A Guided Input Natural Language Search Engine*. Department of Informatics, University of Zurich, Switzerland, 2005. Disponível em URL: [http://www.ifi.uzh.ch/ddis/staff/goehring/btw/files/BernsteinEtAl\\_Ginseng\\_WITS2005.pdf](http://www.ifi.uzh.ch/ddis/staff/goehring/btw/files/BernsteinEtAl_Ginseng_WITS2005.pdf)
- [38]. DYNAMIC AND DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS GROUP. Talking to the Semantic Web. Making the Semantic Web Accessible to the Casual User, Junho 2008. [Online] Disponível em URL: <http://www.ifi.uzh.ch/ddis/research/semweb/talking-to-the-semantic-web>
- [39]. PROTÉGÉ SWRLTAB. [Online] Disponível em URL: <http://protege.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?SWRLTab>. Último acesso em Junho de 2010.
- [40]. PROTÉGÉ SQWRL. [Online] Disponível em URL: <http://protege.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?SQWRL>. Último acesso em Junho de 2010.
- [41]. JESS, THE RULE ENGINE FOR THE JAVATM PLATFORM. [Online] Disponível em URL: <http://www.jessrules.com/>. Último acesso em Junho de 2010.
- [42]. HORROCKS, Ian [et al.]. *SWRL: A Semantic Web Rule Language. Combining OWL and RuleML*. Section 8. Built-ins. [Online] Disponível em URL: <http://www.daml.org/rules/proposal/builtins.html>. Último acesso em Junho de 2010.



[43]. O'CONNER, Martin. *Protégé-OWL SWRLQueryTab*. Stanford Medical Informatics, Stanford University, Stanford, CA, USA, 2007. [Online] Disponível em URL: [http://protege.stanford.edu/conference/2007/presentations/08.01\\_OConnor.pdf](http://protege.stanford.edu/conference/2007/presentations/08.01_OConnor.pdf). Último acesso em Junho de 2010.